



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

PEKKA KORHONEN
TILATEKNIKKAMODUULIN KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekuntaneuvoston kokouksessa 9. maaliskuuta 2016

TIIVISTELMÄ

KORHONEN PEKKA: Tilatekniikkamoduulin kehittäminen

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 103 sivua, 9 liitesivua

Huhtikuu 2016

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: moduuli, moduulirakentaminen, suurmoduuli, kylpyhuone-elementti, valmisosarakentaminen

Tänä päivänä kerrostalojen rakentaminen on paljolti esivalmistettujen rakennusosien yhdistelyä. Näillä esivalmistetuilla rakennusosilla pyritään usein rakentamisen tuottavuuden parantamiseen. Eräitä esivalmisteisia rakennusosia ovat kylpyhuone-elementit, joiden käyttäminen on kerrostalojen rakentamisessa rakennusalalla ollut jo pitkän aikaa tunnettu. Usein asuinrakennuskohteissa keittiö sijaitsee kylpyhuone-elementin läheisyydessä muun muassa talotekniikan liitosten vuoksi.

Tämän diplomityön päätavoitteena on kehittää moduuli, joka sisältää kylpyhuoneen sekä keittiön. Tämä tarkoittaa käytännössä keittiön integroimista osaksi kylpyhuone-elementtiä, jonka vuoksi yhteistyössä moduulin kehittämisessä olivat mukana kylpyhuone-elementtien valmistaja ja kalusteiden valmistaja. Moduuli kehitettiin pohjautuen kohdeyrityksen case-kohteeseen, jossa on käytössä kylpyhuone-elementit.

Tämä on tuotekehitystutkimus, joka tehtiin soveltamalla konstruktivistista tutkimusotetta. Osana sitä käytettiin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, kuten haastatteluja ja kenttähavainnointia. Tutkimustyön tilaajana ja kohdeyrityksenä oli NCC Building Finlandin asuntorakentamisen yksikkö. Haastatteluja suoritettiin liittyen kohdeyrityksen tavoitteisiin kehitettävästä moduulista ja valmisosarakentamisesta. Työssä arvioitiin myös tilatekniikkamoduulista saatavaa aikataulu- ja kustannushyötyä case-kohteessa.

Tutkimuksen tuotekehityksen tuloksena on demoversio moduulista, joka vastasi osin kohdeyrityksen tavoitteita. Keittiön osalta tavoitteet onnistuttiin täyttämään paremmin kuin kylpyhuoneen puolelta. Moduulin käyttämisellä on potentiaalia lyhentää rakennushankkeen aikataulua ja siitä syntyy paljon välillisiä kustannusetuja. Tarkkaa euromääräistä kustannusarviota moduulin käyttämisestä ei arvioitu, koska välillisten hyötyjen arviointi luotettavalla tavalla on hankalaa.

Tulevaisuudessa moduulia tullaan mahdollisesti kokeilemaan kohdeyrityksen konseptitalohankkeessa. Mikäli kokeilu on menestys, toiveena on saada moduuli useampiin kohdeyrityksen hankkeisiin. Työn viimeisessä luvussa on esitetty tarvittavia jatkotoimenpiteitä, jotta moduuli saadaan pilottikohteeseen.

ABSTRACT

KORHONEN PEKKA: Product Development of a Module
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 103 pages, 9 Appendix pages
April 2016
Master's Degree Programme in construction
Major: Construction management
Examiner: Professor Kalle Kähkönen

Keywords: module, modular building, prefabricated bathroom, prefabrication

Nowadays the building of apartments is mainly about combining prefabricated building parts. With these prefabricated building parts an attempt is often made to improve the productivity of the construction process. An example of a prefabricated building part is a prefabricated bathroom. The use of prefabricated bathrooms is not a new idea and they are generally known among the builders. The prefabricated bathroom is often in the residential buildings located near the onsite made kitchen because of building services engineering.

The main object of this Master of Science thesis is to develop a module which contains the bathroom and the kitchen. This means integrating the kitchen with the prefabricated bathroom. That is why the manufacturer of prefabricated bathrooms and kitchen manufacturer participated in the cooperation of the developing the module. The module was developed from the basis of a case-project, which had prefabricated bathrooms.

This is a product development study, which was conducted by adapting a constructive research approach. Qualitative research methods, such as interviews and field observation were used as a part of the study. NCC Building Finland's residential building unit was the customer of the research work. The interviews were made concerning company's objects about the module and prefabrication. The schedule and cost advantage to be obtained from using the module were also estimated in this study.

The result of the study is a demo version of the module, which met partly the objectives of the company. The kitchen side of the module fulfilled the objectives of the company better than the bathroom. The use of the module has a potential to shorten the schedule of the building project. Many indirect cost advantages are also created from the module. The costs were not precisely evaluated because indirect cost advantages are difficult to evaluate in a reliable way.

In the future the module will possibly be tried in the concept project of the company. If the experiment is a success, the wish is to get this module also in other projects of the company. Further measures have been presented in the last chapter of the study so that the module will be used in a pilot project.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö alkoi vuoden 2015 marraskuussa ja päättyi vuoden 2016 huhtikuussa. Diplomityön tarkastajana ja ohjaajana toimi TTY:n rakennustekniikan laitoksen professori Kalle Kähkönen. Kohdeyrityksen puolesta ohjaajina toimi ohjausryhmä, johon kuuluivat työpäällikkö Mikko Mäkelä, projektipäällikkö Matti Koivunoro ja suunnittelujohdaja Petteri Karling.

Tämä työ on laadittu käyttäen konstruktiiivista tutkimusotetta. Tutkimusmenetelminä on käytetty kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, kuten haastatteluja ja kenttätutkimuksia. Haluan kiittää kaikkia haastattelemiani henkilöitä osallistumisesta tutkimukseeni, sillä jokainen haastattelu on antanut tärkeää tietoa työn tekemistä ajatellen. Erityisen mielekästä työn tekemisestä teki se, että kaikki kohdeyrityksen haastateltavat olivat aidosti kiinnostuneita auttamaan tutkimustyössä.

Haluan kiittää tasavertaisesti koko diplomityön ohjausryhmää innostavasta ja kannustavasta asenteesta työn suorittamista kohtaan. Ilman heidän kokemukseen pohjautuvia viisaita näkemyksiä ja neuvoja, olisi työn tekeminen ollut hankalaa. Ohjausryhmän henkilöiltä löytyi aina tarvittaessa aikaa neuvoa ja kommentoida tutkimustyön etenemistä omien työkiireidensä ohessa. Erityiskiitoksen ansaitsee Mikko Mäkelä, joka sai idean diplomityön tekemisestä aiheeseen liittyen ja ehdotti tätä aihetta minulle. Tämän lisäksi suuri kiitos kuuluu Matille käyttämästään ajastaan ohjaukseen ja tapaamisien järjestämiseen. Kiitos myös Petterille todella asiantuntevista kommentteista työhön liittyen.

Erittäin suuret kiitokset kuuluvat työn tarkastajalle ja ohjaajalle Kalle Kähköselle. Hänen antamat viisaat neuvot ja aito kiinnostus aihetta kohtaan tekivät työn tekemisestä selkeää, johdonmukaista ja miellyttävää. Kalle antoi heti työn alussa paikoin haastavasta aiheesta selkeät toteutusohjeet, joiden avulla työn toteuttaminen tuli mahdolliseksi.

Kiitoksen ansaitsevat myös yhteistyössä toimineet yritykset Parmarine Oy ja Temal Oy, joiden myötä tilatekniikkamoduulin kehittäminen tuli mahdolliseksi.

Tämän lisäksi haluan kiittää vanhempiani ja sisartani jatkuvasta tuesta ja kannustuksesta, jota he ovat antaneet minulle koko opiskelujeni ajalta. Lisäksi suuret kiitokset ansaitsee tyttöystäväni, joka jaksoi ymmärtää ja tukea minua tutkimuksen tekemisen aikana.

Lopuksi haluan kiittää vielä opiskelutovereitani, joiden kanssa tämän korkeakoulututkinnon suorittaminen on ollut antoisaa. Yhteiset hetket korkeakoululla eivät pääse koskaan unohtumaan!

Helsingissä, 29.4.2016

Pekka Korhonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen rajaukset	2
1.3	Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.4	Tutkimuksen rakenne ja suoritus	3
2.	VALMISOSARAKENTAMINEN	5
2.1	Mitä valmisosarakentamisella tarkoitetaan?	5
2.1.1	Valmisosarakentamisen erilaiset tasot	6
2.1.2	Modulaarisuus.....	8
2.2	Valmisosarakentamisen taustaa	12
2.3	Suurmoduulit valmisosarakentamisessa	15
2.3.1	Miksi korkeaesivalmisteinen rakentamistapa?	15
2.3.2	Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden hyödyt.....	16
2.3.3	Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden rajoitukset	21
2.3.4	Esimerkkejä kerrostalorakentamisesta.....	23
2.4	Näkökulmia valmisosarakentamisen tuotteistamiseen.....	26
2.4.1	Vakiointi	26
2.4.2	Massakustomointi	26
2.4.3	Case: NCC Komplett	28
2.5	Kylpyhuone-elementti valmisosana.....	30
2.5.1	Historia Suomessa osana betonielementtirakentamista	31
2.5.2	Ominaisuudet	32
2.5.3	Asentaminen	33
2.5.4	Kylpyhuone-elementteihin liittyviä suunnittelunäkökohtia.....	36
2.6	Markkinoilla olevia tilatekniikkamoduulia vastaavia tuotteita.....	37
2.6.1	Kotimaa.....	37
2.6.2	Ulkomaat.....	39
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	41
3.1	Tutkimustyytit.....	41
3.2	Konstruktiiivinen tutkimusote.....	41
3.3	Tuotekehitysprojektin periaate.....	43
3.4	Aineistonkeruun menetelmät	46
3.4.1	Haastattelut	46
3.4.2	Kenttätutkimukset.....	48
3.4.3	Kustannusanalyysi	48
3.5	Aineiston analysointi	49
4.	KOHDEYRITYS JA SEN TAVOITTEET VALMISOSARAKENTAMISELLE	51
4.1	Kohdeyrityksen esittely	51
4.1.1	NCC	51

4.1.2	NCC Building Finland	52
4.2	Kohdeyrityksen yleiset tavoitteet	53
4.2.1	Ratkaisujen vakioiminen	53
4.2.2	Uudistuminen	55
4.2.3	Teollinen rakentamistapa	55
4.3	Kohdeyrityksen tavoitteet liittyen tilatekniikkamoduuliin	57
4.3.1	Talotekniikka	58
4.3.2	Kylpyhuone	59
4.3.3	Keittiö	60
4.3.4	Eteisen kaapisto	61
4.3.5	Käyttökohteet	61
4.3.6	Suojaus	62
5.	TILATEKNIKKAMODUULI	63
5.1	Tuotekehityksen eteneminen	63
5.2	Tilatekniikkamoduuli	70
5.2.1	Pienemmän asuntotyyppin moduuli	72
5.2.2	Isomman asuntotyyppin moduuli	76
5.2.3	Talotekniikka	80
5.2.4	Logistiikka	80
5.2.5	Suojaus	81
5.2.6	Asentaminen	82
5.2.7	Käyttökohteet	82
5.3	Visio moduulin mahdollisimman optimaalisesta ratkaisusta	82
6.	TUOTANTOMENETELMÄN ARVIOINTI CASE-KOHITEESSA	84
6.1	Case-kohteen esittely	85
6.2	Tilatekniikkamoduulin sijoittaminen case-kohteeseen	86
6.3	Kustannusten arviointi	87
6.3.1	Työturvallisuus	87
6.3.2	Rakennusaika	88
6.3.3	Laatu	91
6.3.4	Ekologisuus	92
6.3.5	Riskit	93
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET	94
7.1	Tulosten arviointi	94
7.2	Työssä ilmenneitä avoimia kysymyksiä	98
7.3	Tulosten hyödyntäminen ja jatkotoimenpiteet	98
	LÄHTEET	100

LIITE 1: KOHDEYRITYKSEN TAVOITTEET - HAASTATTELULOMAKE

LIITE 2: KOHDEYRITYKSEN HANKINTA – HAASTATTELULOMAKE

LIITE 3: KOHDEYRITYKSEN TALOTEKNIKKAPÄÄLLIKKÖ - HAASTATTE-
LULOMAKE

LIITE 4: PARMARINE OY MYYNTIJOHTAJA – HAASTATTELULOMAKE

LIITE 5: DIPLOMITYÖTÄ VARTEN PIDETYT TAPAAMISET, HAASTATTELUT
JA VIERAILUT

KUVALUETTELO

Kuva 1.1. Tutkimuksen tavoitteet hierarkiamuodossa.....	3
Kuva 2.1. Valmisosarakentamisen tason kasvaessa kasvaa myös rakennusosan esivalmistusaste ja päinvastoin. (muokattu lähteestä, Smith 2010, s. 128).....	8
Kuva 2.2. Valmisosarakentaminen ja perinteinen rakentaminen toisistaan erotettuna (Knaack et al. 2012, s. 45).....	8
Kuva 2.3. Neapo Oy:n hissitornimoduuli, johon hissi on asennettu tehtaalla valmiiksi (Neapo Oy 2016).....	11
Kuva 2.4. H. John Manningin suunnittelema valmisosarakenteinen rakennus 1800-luvulta (Smith 2010, s. 6).....	12
Kuva 2.5. Joseph Paxtonin suunnittelema kristallipalatsi vuodelta 1851 (Archdaily 2015).	13
Kuva 2.6. Buckminster Wichita House vuodelta 1946 (Smith 2010, s. 33).....	14
Kuva 2.7. Hilton Palacio Del Rio-hotellin huoneistomoduulin paikoilleen nostamista vuodelta 1968. (Hilton Palacio Del Rio 2016).	15
Kuva 2.8. Vasemmalla moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus projektin aikatauluun. Oikealla vähentävällä tavalla vastanneiden ilmoittama projektin aikatauluhyöty (muokattu lähteestä: McGraw- Hill Construction 2011, s. 18).....	17
Kuva 2.9. Vasemmalla moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus projektin kustannuksiin. Oikealla vähentävällä tavalla vastanneiden ilmoittama projektin kustannushyöty (muokattu lähteestä: McGraw-Hill Construction 2011).	18
Kuva 2.10. Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus työturvallisuuteen projektissa (muokattu lähteestä: McGraw-Hill Construction 2011).....	20
Kuva 2.11. Kuljetusten mittarajat Suomessa (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2010).	21
Kuva 2.12. Normaaliliikenteen pituusmittarajat Suomessa (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2010).	22
Kuva 2.13. Neapo Oy:n suurmoduulien asentamista Helsingin Myllypurossa (Neapo 2016).....	24
Kuva 2.14. Stora Enson tilaelementtirakentamista. Vasemmalla rakennettu puukerrostalo Jyväskylän Kuokkalassa (Puuinfo 2016). Oikealla tilaelementtirakenteinen asuntomoduuli, joka on sisältään valmis (Puuinfo 2016).....	24
Kuva 2.15. SATO StudioKodin malliasunto kuvassa vasemmalla. Oikealla konseptille suunniteltu pilottikohde, joka koostuu 63 keskenään samanlaisesta StudioKodista (Sato 2016).....	25

Kuva 2.16. Kustomointia moduloinnin avulla (Sipilä 1995, s. 70).	27
Kuva 2.17. Massakustomoitu tuote (muokattu lähteestä: Tiuhonen et al. 1997).	28
Kuva 2.18. Perinteisen rakentamisen ja NCC Komplettin eroavaisuudet aikataulullisesti (Thuesen 2009, s. 55).	29
Kuva 2.19. NCC Komplettin tehdas ja työmaa (NCC)	29
Kuva 2.20. Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementti (Rakennustieto 2013).	32
Kuva 2.21. Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementin kokoonpanoa.	33
Kuva 2.22. Asunto Oy Vantaan Merkin 5. kerroksen pohjapiirustus (Rakennuskartio, 2012).	38
Kuva 2.23. Asunto Oy Vantaan Merkissä käytetään tekniikkastudiota suurmoduulina (Rakennuskartio 2013).	39
Kuva 2.24. Eräitä Eurooppalaisten valmistajien suurmoduuleja. Vasemmalla Eurocomponentsin suurmoduuli Italiasta (Eurocomponents 2016). Oikealla Bathsystemin suurmoduuli (Bathsystem 2016).	40
Kuva 3.1. Konstruktiivisen tutkimusotteen keskeiset osat (Metodix 2016, Lukka 2000 mukaan).	43
Kuva 3.2. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 2010, s.16).	45
Kuva 3.3. Haastatteluaineiston käsittelyvaiheet analyysistä synteysiin (Hirsjärvi et al. 2000, s. 144).	49
Kuva 4.1. NCC:n markkina-alueet (NCC 2016).	52
Kuva 4.2. NCC Building Finlandin organisaatio (muokattu lähteestä, NCC 2016).	53
Kuva 5.1. Tuotekehityshankkeen käynnistämisyvaiheessa laadittu luonnos moduulin konseptista.	64
Kuva 5.2. Moduulin tuotekehitysprojektin käynnistämisyvaihe. Useita palaveria ja vierailuja pidettiin ennen kehityspäätöksen syntymistä.	64
Kuva 5.3. Tilatekniikkamoduulin ensimmäinen luonnosmalli.	65
Kuva 5.4. Tilatekniikkamoduulin toinen luonnosmalli, jota käytettiin moduulin periaatteen havainnollistamisessa haastateltaville ja yhteistyössä toimiville yrityksille.	66
Kuva 5.5. Tilatekniikkamoduulin toisen luonnosmallin mukainen kylpyhuone.	66
Kuva 5.6. Moduulin tuotekehitysprojektin luonnostelu- ja kehitysvaihe.	67
Kuva 5.7. Havainnollistava esimerkki tilatekniikkamoduulin kannalta haastavista työmaaolosuhteista helmikuussa. Välipohjan ontelolaattoihin joudutaan poraamaan reikiä, jotta ylemmiltä holveilta tuleva vesi saadaan poistettua.	68
Kuva 5.8. Temal Oy:n laatima moduulin keittiön luonnos, jossa keittiö on lyhyellä sivulla.	69
Kuva 5.9. Temal Oy:n laatima moduulin keittiön luonnos, jossa keittiö on pitkällä sivulla.	69
Kuva 5.10. Suunnittelun eteneminen luonnoskuvien osalta.	70
Kuva 5.11. Pienemmän asuntotyyppin moduuli mallinnettuna.	73
Kuva 5.12. Pienemmän asuntotyyppin keittiö.	74

Kuva 5.13. Pienemmän asuntotyyppin moduulin pohjakuva.....	74
Kuva 5.14. Pienemmän asuntotyyppin moduulin leikkaukset.....	75
Kuva 5.15. Pienemmän asuntotyyppin keittiön naamakuva.	75
Kuva 5.16. Isomman asuntotyyppin moduuli mallinnettuna.	76
Kuva 5.17. Isomman asuntotyyppin keittiö.....	77
Kuva 5.18. Isomman asuntotyyppin moduulin pohjakuva.	78
Kuva 5.19. Isomman asuntotyyppin moduulin leikkaukset.....	79
Kuva 5.20. Isomman asuntotyyppin keittiön naamakuva.	79
Kuva 5.21. Periaate, jonka mukaan tilatekniikkamoduulit nostetaan pois kuormasta ja sijoitetaan kuljetettaessa.	81
Kuva 5.22. Hahmotelma moduulin mahdollisimman optimaalisesta ratkaisusta.	83
Kuva 6.1. Luonnoskuva A-Kruunu Vihdin Tuusankaaresta (Optiplan 2015).	85
Kuva 6.2. Huoneisto ja kylpyhuone-elementti, jonka pohjalta tilatekniikkamoduulin ensimmäinen luonnos luotiin (Optiplan 2016).....	86
Kuva 6.3. Case-kohteen yleisaikataulu.....	89
Kuva 6.4. Kalusteasennuksen liittyminen muihin työvaiheisiin (muokattu lähteestä Rakennustieto 2015, s. 269).	90

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. <i>Esimerkki valmisosarakentamisen jakamisesta tasoihin (muokattu lähteistä; Gibb et al. 2003; Lawson et al. 2014.)</i>	7
Taulukko 2. <i>Konstruktivisen tutkimusotteen vaiheet (muokattu lähteistä: Virtanen 2006, Kasanen et al. 1991 mukaan; Metodix 2016).</i>	43
Taulukko 3. <i>Case-kohteen huoneistojen määrä portaittain ja tilatekniikkamoduulin soveltuvuus case-kohteeseen, kun keittiö on moduulin lyhyemmällä sivulla</i>	86
Taulukko 4. <i>Kalusteasennuksen karkeutettu työsaavutus (muokattu lähteestä Rakennustieto 2014, s. 1).</i>	88

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Massakustomointi	Kyky tuottaa räätälöityjä tuotteita tai palveluita joustavien prosessien, korkean volyymin ja edullisten tuotantokustannusten kautta asiakkaalle (Silveira et al. 2001, s. 1).
Moduuli	Katso kohta suurmoduuli.
Moduulirakentaminen	Kolmiulotteisia moduuleja, jotka on valmistettu tehdasolosuhteissa ja toimitettu työmaalle rakennuksen pääasiallisiksi rakenteellisiksi elementeiksi (Lawson et al. 2014, s. 1; Gibb et al. 2006, s. 24).
Suurmoduuli	Kolmiulotteinen moduuli- tai betonielementtirakentamisessa käytetty moduuli, jolla on korkea esivalmistusaste.
Tilaelementti	Katso kohta suurmoduuli.
Tilatekniikkamoduuli	Tilatekniikkamoduuli on lähtökohtainen konsepti tuotekehitystä ja tätä opinnäytettä varten. Sen kehitystyössä on ollut mukana kohdeyritys ja yhteistyössä mukana olevia yrityksiä. Tilatekniikkamoduuli sisältää märkätilan lisäksi keittiön ja siihen on integroitu talotekniikkaa.
Vakiointi	Vakioinnilla tarkoitetaan komponenttien, metodien ja prosessien laaja-alaista käyttöä, joissa on säännöllisyyttä ja toistettavuutta. Lisäksi tiedetään, että näitä on käytetty aikaisemmin onnistuneesti ja ne ovat ennustettavissa. (Gibb et al. 2001, s. 308)
Valmisosarakentaminen	Tehdasolosuhteissa valmistetaan ja kootaan rakennusosia, jonka jälkeen niitä käytetään rakennettavassa kohteessa (Goodier et al. 2007, s. 5). Näiden rakennusosien esivalmistusaste vaihtelee ja valmisosarakentaminen voidaan jakaa rakennusosan esivalmistaisuuden perusteella erilaisiin tasoihin.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen tuottavuuden parantamiseen käytetään useita erilaisia keinoja. Tavoitteina ovat usein rakentamisajan lyhentäminen, rakentamiskustannusten vähentäminen sekä laadun ja työturvallisuuden parantaminen. Yksi tapa parantaa rakentamisen tuottavuutta on käyttää korkealle esivalmistettuja rakennusosia. Eräs esimerkki korkeaesivalmistetusta rakennusosasta on kylpyhuone-elementti, joka tuli Suomessa markkinoille 1960-luvulla (Hytönen 2009, s. 77).

Kylpyhuone-elementtien käyttö on yleistynyt viime vuosikymmenien aikana betonielementtirakentamisessa ja nykyään niiden käyttö on tunnettu menetelmä rakennusalalla. Kylpyhuone-elementeissä on valmiin kylpyhuoneen lisäksi integroitua talotekniikkaa, joka on tärkeässä roolissa osana kylpyhuone-elementtiä.

Tämän työn kohdeyrityksenä ja diplomityön tilaajana on NCC Building Finlandin Asuntorakentamisen yksikkö. Kohdeyritys esitellään tarkemmin luvussa 4.

Kohdeyrityksessä heräsi kiinnostus kylpyhuone-elementin kehittämiseen. Heillä on ollut lukuisia hankkeita, joissa on käytetty kylpyhuone-elementtejä osana betonielementtirakentamista. Usein kylpyhuone-elementit sijoitetaan keittiötä vasten, koska tällöin keittiön talotekniset liitokset ovat helpointa asentaa kylpyhuone-elementissä usein sijaitsevaan tekniikkahormiin. Kohdeyrityksestä esitettiin kysymys, voisiko keittiö olla osa kylpyhuone-elementtiä. Tutkimuksen aihe tuli siitä, voisiko kylpyhuone-elementtiin integroida keittiön kalusteet ja kodinkoneet, jolloin keittiöön liittyviä työvaiheita ei tarvitsisi erikseen suorittaa työmaalla. Lisäksi ehdotettiin, että myös eteisen vaatekaapit voisivat olla osa kylpyhuone-elementtiä, koska niiden sijainti on usein kylpyhuone-elementin läheisyydessä.

Kylpyhuone-elementti on korkeaesivalmisteisena valmistilaelementtinä hyvä esimerkki moduulista. Moduulilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kolmiulotteista moduuli- tai betonielementtirakentamisessa käytettyä moduulia, jolla on korkea esivalmistusaste.

Tutkimusaiheeseen perehtymisen ja alustavien kyselyiden jälkeen ei löytynyt viitteitä täysin tutkimuksen aihetta vastaavista kotimaassa käytetyistä moduuleista, jotka asennetaan runkovaiheessa kerroksittain. Tämä oli eräs tutkimukseen tekemiseen innostava tekijä. Suomesta löytyi yksi toimija, joka tekee vastaavanlaisia moduuleja, mutta niiden asentaminen suoritetaan vasta rakennuksen runkovaiheen valmistuttua. Näin ollen menetelmä ei täysin vastaa tämän tutkimuksen aihetta.

Toinen tutkimusaiheen valintaan innostanut tekijä oli diplomityön aiheen tuotekehitysprosessin omainen luonne. Tämän lisäksi tässä työssä pääsee parhaimmillaan kehittämään koko Suomen rakennusalaan, koska vastaavanlaista moduulia ei tutkimuksen perusteella ole Suomessa käytössä.

Tutkimuksessa kehitettävälle moduulille mietittiin montaa eri nimivaihtoehtoa, mutta lopulta nimeksi muotoutui tilatekniikkamoduuli. Tilatekniikkamoduuli on lähtökohtainen konsepti tuotekehitystä ja tätä opinnäytettä varten.

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Tuotekehityshankkeessa on mahdollista, että ratkaistavia yksityiskohtia syntyy paljon. Tutkimusprosessin aikana kehitetty tilatekniikkamoduuli on demo-tuote, jota kohdeyrityksessä voidaan jatkossa kehittää vielä eteenpäin. Tässä tutkimuksessa ratkaistaan diplomityön aikataulun rajoissa ne ongelmat, jotka ovat työn laajuudessa mahdollista ratkaista. Työssä ei siis ole tarkoitus ratkaista aivan kaikkea mahdollisesti esiintyvää problematiikkaa, mikä liittyy tilatekniikkamoduulin yksityiskohtiin.

Tutkimus rajoittuu asuntorakentamisen kerrostalokohteisiin. Työssä on hyödynnetään case-kohdetta moduulin kehittämiseen ja havainnollistamiseen. Case-kohteena on yksi asuinkerrostalohanke, joka oli työn alkuvaiheessa vielä suunnitteluvaiheessa. Yhteen kohteeseen rajautumiseen on syynä se, että tutkimuksessa on pyritty laatimaan mahdollisimman havainnollinen esimerkki siitä, millainen tilatekniikkamoduuli voisi olla. Tämän lisäksi moduulin kehitystyö on helpompaa, kun se pohjautuu yhteen kohteeseen.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet

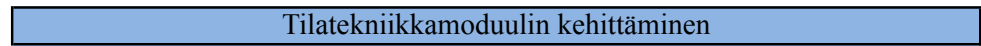
Tutkimuksen päätavoitteena on kehittää tilatekniikkamoduuli. Tutkimuksessa kehitettävä tilatekniikkamoduuli antaa kohdeyritykselle lähtökohdat tuotteen jatkokehitykseen ja mahdolliseen tuotantoon saamiseen. Tutkimuksen päätavoite voidaan jakaa neljään alataavoitteeseen, joita ovat:

- 1) Selvittää valmisosa- ja moduulirakentamiseen liittyviä teoreettisia lähtökohtia ja selvittää tätä kautta tilatekniikkamoduulin kehittämiseen vaadittavaa taustateoriaa.
- 2) Perehtyä kohdeyritykseen ja selvittää heidän tavoitteet tilatekniikkamoduuliin liittyen. Tässä alataavoitteessa pyritään kuvaamaan kohdeyrityksen tavoitteet myös yleisellä tasolla teolliseen valmisosarakentamiseen liittyen.
- 3) Muodostaa kohdeyritykselle malli tilatekniikkamoduulista. Tätä työn osuutta varten voidaan tehdä yhteistyötä mahdollisten yhteistyössä toimivien yritysten kanssa, joita voivat olla esimerkiksi kylpyhuone-elementtien, kalusteiden ja kodinkoneiden valmistajat

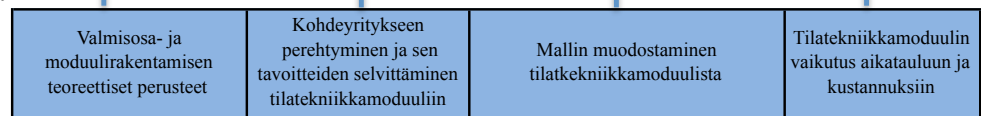
- 4) Tutkia, minkälaista aikataulu- ja kustannushyötyä tilatekniikkamoduulin käyttämisestä voidaan saavuttaa case-kohteessa, jossa muuten on käytetty kylpyhuone-elementtejä ja keittiö on tehty paikalla.

Tutkimuksen tavoitteet on esitetty hierarkiamuodossa kuvassa 1.1.

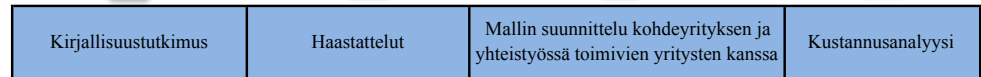
Päätaavoite



Alatavoitteet



Tutkimus-
metodit



Kuva 1.1. Tutkimuksen tavoitteet hierarkiamuodossa.

Tämän tutkimusprojektin käynnistyminen pohjautui siihen oletukseen, että tilatekniikkamoduulin avulla on mahdollista saavuttaa hyötyä aikataulun ja kustannusten osalta kerrostalohankkeessa.

1.4 Tutkimuksen rakenne ja suoritus

Tämä tutkimus on suoritettu soveltaen konstruktivistista tutkimusotetta. Tutkimukseen liittyvä taustateoria on käsitelty luvussa 2. Teoriaa tarkastellaan valmisosarakentamisen näkökulmasta. Luvussa on käytetty lähdemateriaalina tieteellisiä artikkeleita, kirjallisuutta, tutkimuksia ja verkkosivustoja eli luku on toteutettu kirjallisuustutkimuksena. Luonteeltaan luku on kuvaileva eli deskriptiivinen.

Kolmannessa luvussa kuvataan tässä tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvussa 4 perehdytään kohdeyritykseen ja sen tavoitteisiin tilatekniikkamoduulista. Tässä luvussa esitetyt haastattelututkimusten tulokset ovat tutkimuksen kannalta tärkeää tietoa, jotta tilatekniikkamoduulia voidaan kehittää oikeaan suuntaan. Kohdeyrityksen tavoitteet selvitettiin puolistrukturoitujen teemahaastatteluiden avulla. Luvussa 5 esitetään tutkimuksessa kehitetty tilatekniikkamoduuli. Tämän lisäksi tässä luvussa esitellään, kuinka tuotekehitys eteni tässä tutkimuksessa.

Kuudennessa luvussa arvioidaan tilatekniikkamoduulin vaikutusta kustannuksiin ja aikatauluun. Tämä arviointi suoritetaan case-kohteeseen, joka on kohdeyrityksen tällä hetkellä käynnissä oleva projekti.

Viimeisessä luvussa esitetään tutkimuksen johtopäätökset. Luku sisältää myös avoimeksi jääneitä kysymyksiä, joita tutkimuksen edetessä ilmeni, eikä niitä työn rajauksen vuoksi ollut mahdollista selvittää. Tutkimuksen kannalta nämä kysymykset ovat kuitenkin keskeistä kirjata ylös, koska toiveena on, että tilatekniikkamoduuli saadaan tulevaisuudessa tuotantoon. Tämän vuoksi viimeisessä luvussa esitetään myös jatkotoimenpiteet, joita tämän tutkimusprojektin jälkeen voidaan suorittaa kohdeyrityksessä. Tutkimus on toteutettu ajalla marraskuu 2015 – huhtikuu 2016.

2. VALMISOSARAKENTAMINEN

Tässä luvussa esitellään valmisosarakentamiseen liittyvää teoriaa. Luvussa on pyritty tuomaan lukijalle ilmi valmisosarakentamisen teoreettisia perusteita esimerkkien avulla. Kylpyhuone-elementtiä käsitellään omana alalukunaan sen vuoksi, että se on valmisosan ominaisuuksiltaan lähimpänä tutkimuksessa kehitettävää tilatekniikkamoduulia, koska keittiön osuus on tarkoitus integroida kylpyhuone-elementin sivuun.

Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään sitä, mitä valmisosarakentamisella tarkoitetaan. Tässä alaluvussa esitellään valmisosarakentamisen eri tasoja. Lisäksi käsitellään modulaarisuutta sekä irrallisena käsitteenä, että osana valmisosarakentamista. Tutkimuksen alkuosuudessa on määritelty valmisosarakentaminen ja sen erilaiset tasot, koska sille löytyi toisistaan eroavia määritelmiä kirjallisuudessa, eikä suomenkielisistä tutkimuksista löytynyt samankaltaista määrittelyä.

Toisessa alaluvussa esitellään valmisosarakentamisen taustaa. Siinä esitellään sen historiallista kehityskulkua kansainvälisestä näkökulmasta muutamien valmisosarakentamista edustavien merkittävien toteutuksien avulla. Tässä pyritään avaamaan lukijalle sitä, miten valmisosarakentaminen on kehittynyt vuosisatojen kuluessa.

Kolmas alaluku on kuvaus valmisosarakentamisessa käytettävistä suurmoduuleista sekä niiden ja rakennusosien esivalmisteisuuden merkittävimmistä eduista ja rajoituksista. Neljännessä alaluvussa käsitellään rakentamisessa käytettävien valmisosien tuotteistamiseen liittyvää teoriaa. Omina osiinaan esitellään sekä vakiointia että massakustomointia. Tuotteistamista käsitellään melko suppealla tasolla työn laajuuden vuoksi.

Viides alaluku käsittelee kylpyhuone-elementtejä. Tässä kuvaillaan lyhyesti kylpyhuone-elementtien historiallista kehityskulkua Suomessa osana betonielementtirakentamista ja esitellään erään valmistajan kylpyhuone-elementti. Tämän lisäksi esitellään kylpyhuone-elementtien asennustekniikkaa ja avataan muutamia niiden suunnitteluun liittyviä näkökohtia.

Kuudennessa alaluvussa esitellään karkealla tasolla sitä, minkälaisia tilatekniikkamoduulin kaltaisia tuotteita tällä hetkellä on markkinoilla sekä Suomessa että ulkomailla.

2.1 Mitä valmisosarakentamisella tarkoitetaan?

Valmisosarakentamista on määritelty ja jaoteltu monilla eri tavoilla rakennusalan teollisissa julkaisuissa. Siitä käytetään ulkomaisissa lähteissä useita erilaisia englannin-

kielisiä termejä (Goodier et al. 2010, s. 30; Pan et al. 2012, s. 84), eikä niiden eroavaisuudet ole täysin selviä (Pan et al. 2012, s. 84). Termien epäselvä ja vaihteleva käyttö voi osittain kertoa myös kertoa siitä, että rakennusosalalla pitäisi keskustella enemmän eri rakennusmenetelmistä ja rakennusalan kehittymisestä (Smith 2010, s. xi). Tässä alaluvussa esitellään rakennusalan kirjallisuudesta ja artikkeleista esille nousseita näkemyksiä valmisosarakentamisen määrittelystä. On syytä kuitenkin korostaa, että täysin yksikäsitteistä määrittelyä valmisosarakentamiselle ei ole käytössä.

Valmisosarakentamisella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä, että tehdasolosuhteissa valmistetaan ja kootaan rakennusosia, jonka jälkeen niitä käytetään rakennettavaan kohteeseen (Goodier et al. 2007, s. 5). Näiden rakennusosien esivalmistusaste vaihtelee ja valmisosarakentaminen voidaan jakaa rakennusosan esivalmistisuuden perusteella erilaisiin tasoihin.

2.1.1 Valmisosarakentamisen erilaiset tasot

Rajapinnat valmisosarakentamisen tasoerojen välillä ovat häilyviä (Gibb 1999, s. 7). Tutkimukseen on kerätty tietoa kirjallisuudesta valmisosarakentamisen jaottelusta. Esi- tettyyn määritelmään on koottu tutkimuksien tuloksia lähteistä (Gibb et al. 2003; Law- son et al. 2014). Tässä osiossa täytyy huomioda se, että tämä on havainnollistava esi- merkki siitä, minkälaisia rakennusosia eri tasot voivat käsittää, eikä näin ollen tarkoi- tuksena ole esittää kaikkia mahdollisia rakentamismenetelmiä.

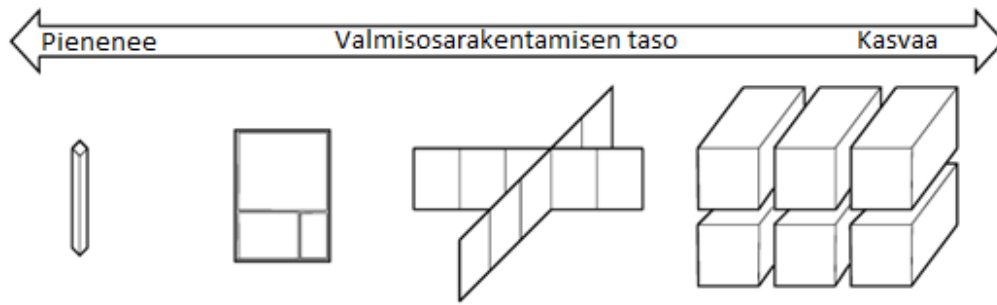
Valmisosarakentaminen voidaan jakaa neljään eri tasoon (Gibb et al. 2003; Lawson et al. 2014, s. 2, Gibb 1999 mukaan). Alla esitetty jako tasoihin on muokattu näistä lähtei- tä.

Valmisosarakentamisen taso 1 edustaa yksinkertaisimpia esivalmistettuja rakennusosia. Esimerkkejä tason 1 rakennusosista ovat esimerkiksi tiili tai esivalmistein ovi. Taso 2 edustaa kaksiulotteisia rakennusosia, jotka eivät luo suoraan rakennukseen käytettävää valmista tilaa. Eräs havainnollinen esimerkki tällaisesta rakennusosasta on ontelolaatta. Tasolla 3 on kolmiulotteisia rakennusosia, jotka luovat rakennukseen suoraan lähes valmista tilaa. Näitä ovat esimerkiksi kylpyhuone-elementit. Tason 3 mukaisia raken- nusosia voidaan käyttää osana rakennuksia, joissa on käytetty määritelmän mukaisia alempien valmisosarakentamisen tasojen rakennusosia. Tasolla 4 on kokonaan pitkälle esivalmistetuista moduuleista koostuvat modulaariset rakennukset. Esimerkki val- misosarakentamisen jakamisesta tasoihin on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkki valmisosarakentamisen jakamisesta tasoihin (muokattu lähteistä; Gibb et al. 2003; Lawson et al. 2014.)

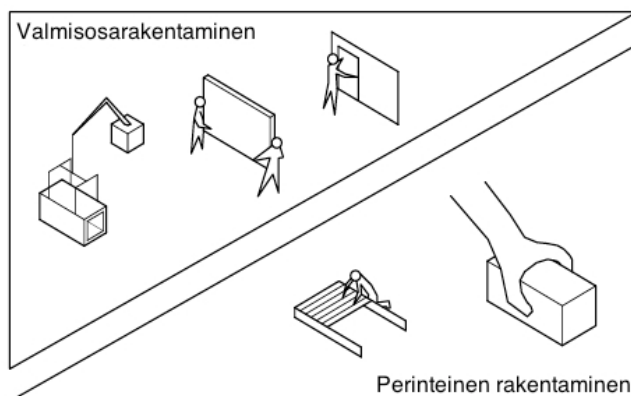
	Määritelmä	Esimerkkejä
Taso 1	Yksinkertaiset esivalmistetut rakennusosat.	Tiili, betoni, ovi, ikkuna
Taso 2	Tehdasolosuhteissa esivalmistettuja rakennusosia, jotka eivät suoraan luo rakennukseen käytettävää valmista tilaa. Nämä rakennusosat voidaan ajatella olevan kaksiulotteisia.	Seinäelementti, ontelolaatta
Taso 3	Tehdasolosuhteissa esivalmistettuja rakennusosia tai moduleita, jotka luovat rakennukseen käytettävää tilaa. Nämä tuotteet ovat sisältään usein täysin valmiita. Näitä rakennusosia voidaan ajatella kolmiulotteisiksi ja niitä voidaan käyttää osana alempia valmisosarakentamisen tasoja sisältäviä rakennuksia.	Kylpyhuone-elementti, tekniikkaelementti, keittiöelementti, hissitorni
Taso 4	Tehdasolosuhteissa esivalmistettuja moduleja, jotka ovat rakennuksen pääasiallisia rakenteellisia elementtejä. Nämä ovat usein kokonaan valmiita ennen työmaalle toimitusta ja ne liitetään työmaalla toisiinsa.	Moduulirakennus

Smith (2010) jakaa valmisosarakentamisen neljään tasoon samalla perusteella rakennusosan esivalmistusaseen mukaisesti. Hänenkään mukaan valmisosarakentamisen määrittämiseen tasoihin ei ole rakennusalalla selkeää yhdenmukaista sääntöä ja paikoin sen määrittely voi olla hämmentävää (Smith 2010, s. 127). Smithillä on sama ajatus valmisosarakentamisen tasoista aiemmin esitettyjen tutkijoiden kanssa (ks. Gibb et al. 2003; Lawson et al. 2014). Heillä on kuitenkin hieman erilaiset määritelmät tasojen eroavaisuudessa ja siinä, mitä kukin taso pitää sisällään. Täytyy siis muistaa, että valmisosarakentamisen tasot on vain lajittelutapa kuvaamaan rakennusosan esivalmistusasetta (Smith 2010, s. 127). Kuvassa 2.1. on esitetty malli siitä, kuinka Smith (2010, s. 128) näkee valmisosarakentamisen tasot.



Kuva 2.1. Valmisosarakentamisen tason kasvaessa kasvaa myös rakennusosan esivalmistusaste ja päinvastoin. (muokattu lähteestä, Smith 2010, s. 128).

Knaack et al. (2012, s. 45) taas erottavat valmisosarakentamisen ja perinteisen rakentamisen toisistaan. Valmisosarakentamisessa ja perinteisessä rakentamistavassa on molemmissa useita eri tasoja. Valmisosarakentamisen ja perinteisen rakentamisen tason suhde on toisilleen vastavuoroista. Kun tehtaalla valmistetaan esivalmistettuja tuotteita, joudutaan työmaalla tekemään vähemmän työtä ja päinvastoin. Tämä jaottelu on esitetty kuvassa 2.2.



Kuva 2.2. Valmisosarakentaminen ja perinteinen rakentaminen toisistaan erotettuna (Knaack et al. 2012, s. 45).

Keskeistä tämän tutkimuksen lukijalle on ymmärtää se, että valmisosarakentamista tehdään erilaisilla tasoilla. Valmisosarakentamisen tasojen eroavaisuuden eksakti määrittely sen sijaan ei ole olennaista tässä tutkimuksessa, vaikka tämä voisikin olla rakennus-alaa ajatellen hyvä asia. Tässä tutkimuksessa nojaudutaan taulukon 1 mukaiseen valmisosarakentamisen määrittelyyn. Moduuleja esiintyy valmisosarakentamisessa tasoilla 3 ja 4. Niitä ja modulaarisuutta käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

2.1.2 Modulaarisuus

Tässä alaluvussa esitellään modulaarisuutta ja sen jälkeen sitä käsitellään osana rakentamista. Modulaarisuudelle löytyi kirjallisuustutkimuksessa paljon erilaisia määritelmiä. Niitä tulee useilta eri aloilta, joita voivat olla esimerkiksi tietotekniikan ja jopa taiteen

ala (Gershenson et al. 2003, s. 297). Ulrichin (1994, s. 220) mukaan termiä modulaarinen käytetään usein väärin. Esimerkiksi arkkitehtuurissa sitä käytetään vakioitujen rakennusosien käytöstä rakennuksen tekemiseen. Tehdastuotannossa sitä käytetään keskenään vaihtokelpoisista osista, jotta voidaan luoda tuotevariaatioita. Modulaarisuuden määritelmät ovat siis riippuvaisia siitä, minkä tyyppistä modulaarisuutta käsitellään. Tämän lisäksi myös rakennusosalalla modulaarisuutta käytetään erilaisiin tarkoituksiin ja tämä saattaa aiheuttaa vääränlaista ymmärrystä liittyen termin käyttöön. Esimerkkinä rakentamisessa sanalla moduuli voidaan tarkoittaa joko mittaa tai korkeaesivalmisteista moduulia, jota käytetään moduulirakennuksen pääasiallisena rakenteellisena elementtinä.

Gershenson et al. (2003, s. 307-309) tutkivat sitä, miten tuotteen suunnittelun näkökulmasta modulaarisuutta oli määritelty useissa tutkimuksissa. He löysivät tutkimuksissaan yhteneväisyyksiä modulaarisuuden määrittelyssä. Yksi yhteneväisyys oli se, että moduulit ovat riippumattomia niihin liitettävistä komponenteista. Toinen yhteneväisyys oli se, että moduulien tulee olla vaihdettavissa. Tähän vaikuttavat moduulien väliset liitokset, joiden tulisi olla yksinkertaisia. Riippumattomuus ja vaihdettavuus tulivat esille myös tässä luvussa tarkemmin esitettävässä Miller et al. (1998) modulaarisuuden määritelmässä.

Ulrichin (1994, s. 220) mukaan käsiteltäessä modulaarisuutta tuotteen tasolla, voidaan se nähdä riippuvaiseksi kahdesta tuotteen ominaisuudesta. Ensimmäinen näistä on fyysisten ja toiminnallisten ominaisuuksien välillä oleva yhteneväisyys tuotteen suunnittelussa. Toinen taas on osien välisten vaikutussuhteiden minimointi komponenteissa. (Ulrich 1994, s. 220) Tässä määritelmässä on hieman yhteneväisyyttä Miller et al. (1998) määritelmään modulaarisuudesta.

Miller et al. (1998, s. 6) mukaan Modulaarisuutta voidaan käsitellä joko fyysisellä tai immateriaalisella tasolla. Esimerkiksi rakennusosan modulaarisuus on fyysinen asia, kun taas tietokone-ohjelmiston modulaarisuus on immateriaalinen asia. Miller et al. (1998, s. 10) määrittelevät modulaarisuuden siten, että se on riippumaton siitä, onko se fyysinen vai immateriaalinen tuote. Määritelmä sisältää kaksi osaa:

- 1) Modulaariset systeemit luovat vaihtelua yhdistelmien avulla ja ovat vaihdettavissa erilaisten moduulien kanssa. Vaihdettavuus ja yhdistelmät vaativat, että moduuleilla on vakioituja liitäntöjä ja vuorovaikutuksia.
- 2) Moduulit sisältävät merkittävässä määrin, muista riippumattonta toiminnallisuutta suhteessa tuotteeseen, jota osana ne ovat. Muista riippumattomuudella tarkoitetaan sitä, että moduuli on itsenäinen.

Molemmat näistä modulaarisuuden ominaisuuksista vaaditaan, jotta tuote olisi modulaarinen. Ensimmäinen osa kuvaa modulaarisuutta systeemin tasolla, kun taas jälkimmäinen kuvaa moduulia itsessään. Jotta ensimmäinen osa määritelmää pitäisi paikkaansa,

täytyy moduuli siis nähdä osana systeemiä. Erilaiset yhdistelmät ja vaihdettavuus modulaarisuudessa eivät voi toteutua, jos ajatellaan vain yksittäistä moduulia systeemistä irrallisena. (Miller et al. 1998, s. 10)

Tämä määritelmä modulaarisista systeemeistä johtaa kuitenkin myös ristiriitaan. Jos ajatellaan esimerkkinä systeemiä, jossa radio koostuu yhdestä vastaanottimesta, vahvistimesta ja virtalähteestä, ei radio koostu moduuleista, koska näitä komponentteja ei voi vaihtaa keskenään korvaamaan toinen toistaan. Ajatellaan nyt esimerkkinä toista systeemiä, joka koostuu kahdesta keskenään samanlaisesta radiosta, jotka molemmat koostuvat vastaanottimesta, vahvistimesta ja virtalähteestä. Tässä systeemissä radion osat taas ovat moduuleja, koska ne voidaan vaihtaa keskenään radioiden välillä ja sisältävät merkittävissä määrin toiminnallisuutta suhteessa radioon. Eli muuttamalla systeemiä, voidaan muuttaa myös modulaarisuutta ja huomataan, kuinka keskeistä on huomioida, minkälaista systeemiä osana moduulit ovat. (Miller et al. 1998, s. 11-12)

Äsken esiteltiin sitä, kuinka radion vastaanotin, vahvistin ja virtalähde olivat moduuleja systeemissä. Radio sisältää myös komponentteja, kuten vastuksia ja transistoreita, jotka ovat vaihdettavissa olevia osia siinä missä esimerkiksi virtalähdekin. Vastus tai transistori eivät kuitenkaan ole moduuleja, koska täytyy huomioida määritelmän toinen osa, jossa moduulin täytyy sisältää merkittävissä määrin toiminnallisuutta suhteessa tuotteeseen, jota osana se on. (Miller et al. 1998, s. 11)

Modulaarisuus on myös riippuvainen siitä, miltä näkökannalta sitä tarkastellaan. Se, milloin kyseessä on esimerkiksi tuote, moduuli tai komponentti riippuu tarkastelun näkökannasta. Esimerkiksi virtausmittari voidaan nähdä sen valmistajan näkökannalta tuotteena. Toinen valmistaja taas käyttää näitä virtausmittareitaan osana energianmittauskoneitaan ja ostaa sen tuotteen alkuperäiseltä valmistajalta. Tällöin energianmittauskoneiden valmistaja käyttää virtausmittaria omassa tarkoituksessaan moduulina. Energianmittauskone taas voidaan nähdä osana isompaa tehdasta, jolloin se on komponentti. (Miller et al. 1998, s. 13)

Modulaarisuus on usein nähty mahdollisuutena vastata tiukkaan kilpailuun ja asiakkaiden toiveisiin kustomoituihin tuotteisiin. Usein modulaarisuus yhdistetään tätä kautta massakustomointiin, jota käsitellään tarkemmin alaluvussa 2.4. (Miller et al. 1998, s. 2) Asiat, jotka ovat lisänneet modulaarisuuden hyödyntämistä yrityksissä, ovat olleet muun muassa variaatiomahdollisuuksien luominen, samankaltaisuuden hyötykäyttö ja kompleksisuuden vähentäminen. (Miller et al. 1998, s. 9)

Edellä esitetyn Miller et al. (1998) mukaisen määritelmän perustella modulaarisuus on siis toiminnallisuudesta riippuvaista. Ajatellaan esimerkiksi rakentamisessa käytettävää tavanomaista rakennusosaa, tiiltä. Se ei sisällä toiminnallisuutta eikä vuorovaikutusta merkittävissä määrin suhteessa rakennukseen, jossa se on osana. Tällöin tiili siis ei ole määritelmän mukaan modulaarinen. (Miller et al. 1998, s. 9) Esimerkki rakentamisessa

käytettävästä modulaarisesta rakennusosasta on kylpyhuone-elementti, joka sisältää merkittävässä määrin toiminnallisuutta suhteessa rakennukseen, jossa se on osana. Modulaarinen rakennusosa on siis eri asia, kuin moduulirakentaminen, vaikkakin moduulirakentaminen koostuu modulaarisista osista.

Tässä tutkimuksessa moduulirakentamisella tarkoitetaan kolmiulotteisia moduuleja, jotka on valmistettu tehdasolosuhteissa ja toimitettu työmaalle rakennuksen pääasialliseksi rakenteelliseksi elementeiksi (Lawson et al. 2014, s. 1; Gibb et al. 2006, s. 24).

Sorri et al. (2013, s. 6) kuvailevat tutkimuksessaan moduulirakentamisen pitkälle esivalmistettuihin moduuleihin perustuvaksi rakennustoiminnaksi. Knaack et al. (2012, s. 48) taas kuvaavat moduulirakentamisessa käytettävät moduulit kolmiulotteisiksi erillisiksi yksiköiksi tai osittain esivalmistetuiksi rakennuksen osalohkoiksi. Niitä rinnakkain tai päällekkäin asentamalla muodostetaan kokonaisia modulaarisia rakennuksia. Moduuleja voidaan valmistaa myös seinästään avoimina, jolloin ne yhdessä muiden moduulien kanssa muodostavat isompia tilakokonaisuuksia (Lawson et al. 2014, s. 2).

Moduulirakentaminen on valmisosarakentamiselle aiemmin määritetyistä tasoista korkeimmalla. Kuten taulukkoon 1 oli määritetty, modulaarisia rakennusosia voidaan käyttää alemmilla valmisosarakentamisen tasoilla. Esimerkiksi betonielementtirakentamisen yhteydessä voidaan käyttää kylpyhuone-elementtejä, jotka ovat modulaarisia. Suomen nykyisessä kerrostalojen rakentamisessa tämän kaltaiset yhdistelmät ovat jo pitkään olleet tunnettuja. Myös hissejä tai hissitorneja voidaan esivalmistaa, jolloin ne ovat rakennusosina modulaarisia (Lawson et al. 2014, s. 2). Näitä tuotteita voidaan käyttää joko korjaus- tai uudisrakentamisessa ja asentaa joko julkisivun ulkopuolelle tai kylkeen. Myös porrashuoneen sisään asentaminen on mahdollista. (Junnonen 2012, s. 175) Kuvassa 2.3 on esitetty Neapo Oy:n esivalmistama hissitornimoduuli, johon hissi on asennettu osaksi jo tehtaalla.



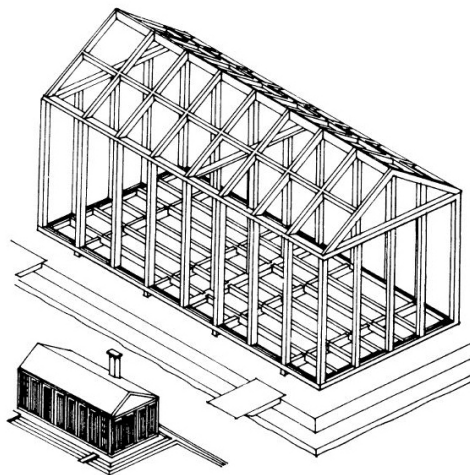
Kuva 2.3. Neapo Oy:n hissitornimoduuli, johon hissi on asennettu tehtaalla valmiiksi (Neapo Oy 2016).

2.2 Valmisosarakentamisen taustaa

1600-luvun kolonialismin aika

Esivalmistettuja rakennusosia alettiin käyttää jo 1600-luvulla kolonialismin seurauksena, kun siirtomaihin piti saada nopeasti rakennuksia. (Smith 2010, s. 6; Gibb 2001, s. 309). Esimerkiksi Iso-Britannia ei tuntenut siirtomaissa käytettyjä rakennusmateriaaleja, joten he päättivät valmistaa kotimaassaan rakennusosia, jotka siirrettiin laivoilla siirtomaihin ja kasattiin paikan päällä. Muun muassa Massachusettsin kaupunki on saanut alkunsa Iso-Britannian kolonialismin myötä vuonna 1624. (Marquit et al. 2013, s. 3; Smith 2010, s. 6). Vuodelta 1790 löytyy viitteitä siitä, että Sydneyhyn on viety puusta esivalmistettuja rakennusosia sairaalan ja varastorakennuksien rakentamiseen. Vuonna 1820 Iso-Britannia lähetti uudisasukkaita Etelä-Afrikkaan, jotka veivät sinne mukanaan kolmikerroksisia rakenteiltaan yksinkertaisia puumökkejä (Smith 2010 s. 6).

H. John Manning suunnitteli vuonna 1830 tiettävästi ensimmäisen suuressa mittakaavassa tuotetun valmisosarakenteista koottavan rakennuksen. Rakennus koostui esivalmistetuista puurungosta, paneelilevyistä ja kattoristikosta. Rakennuksen seinät tehtiin levyistä, jotka sopivat rakennuksen runkoon, joten rakennuksessa käytettiin moduulimittaa hyödyksi. Rakenteet olivat keskenään vaihdettavissa ja kooltaan vakioituja. Rakennus suunniteltiin myös helposti liikuteltavaksi jälkikäteen. Tämä rakennus oli ensimmäisiä valmisosarakentamisen ideologiaa edustavista rakennuksista (Smith 2010, s. 6). Kuvassa 2.4. on esitetty H. John Manningin valmisosarakenteinen rakennus.



Kuva 2.4. H. John Manningin suunnittelema valmisosarakenteinen rakennus 1800-luvulta (Smith 2010, s. 6).

1800-luvun teollinen vallankumous

Teollisen vallankumouksen myötä rakennusmateriaalit kehittyivät. Esimerkiksi rautaa alettiin käyttää rakennusosissa 1800-luvun alkupuolella. Esimerkkejä näistä olivat muun muassa palkit, pilarit ja ristikot. Yksi ensimmäisiä esivalmistetun rautarakentamisen

kohteita oli silta Coalbrookdalessa Iso-Britanniassa, joka rakennettiin vuonna 1807. Tämän seurauksena rakennettiin useita vastaavanlaisia siltoja, joissa käytettiin vakioituja valmisosia. Valurautaa käytettiin 1800-luvun rakentamisessa lähinnä runkorakenteisiin ja siitä pystyttiin rakentamaan lähes minkä tahansa tyyliuunnan rakennuksia. Joseph Paxtonin suunnittelema kristallipalatsi on yksi tämän aikakauden mittavimmista rakennuksista, joka on valmistettu esivalmisteisista osista. Rakennus valmistui Englannissa vuonna 1851. (Smith 2010, s. 7) Lasipalatsin valmisosat olivat rautaa, puuta ja lasia (Hytönen 2009, s. 14). Valuraudasta esivalmistetut rakennusosat muodostivat rakennuksen kehikon. Rakennus on arkkitehtonisessa mielessä myös merkittävä, koska siinä todistettiin, että myös yksinkertaisista esivalmisteisista rakennusosista voidaan luoda näyttävä rakennus (Smith 2010, s. 8). Rakennus purettiin osiin kolme vuotta myöhemmin ja koottiin uudelleen eri kaupungissa (Hytönen 2009, s. 14). Kuvassa 2.5. on esitetty havaintokuva kristallipalatsista.



Kuva 2.5. Joseph Paxtonin suunnittelema kristallipalatsi vuodelta 1851 (Archdaily 2015).

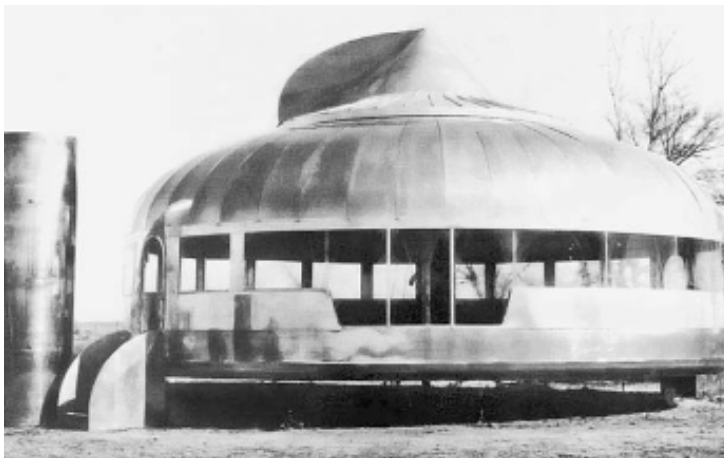
1900-luvun teollisen rakentamisen toteutuksia

1900-luvun vaihteessa Yhdysvalloissa teollisen vallankumouksen ja puurunkoisten talojen rakentamisen omaksumisen myötä, talopakettit valmiiksi sahatusta puutavarasta tulivat yleiseksi (Smith 2010, s. 9). Yksi esimerkki tästä oli niin sanottu Aladdin-koti vuodelta 1906, jonka kehitti Sovereignin veljekset. He uskoivat massatuotannon hyötyihin rakentamisessa ja olivat tietävästi ensimmäisiä, jotka käyttivät valmiiksi sahatun puutavaran hyötyjä puurakenteisissa omakotitaloissa. Sears Roebuck valmisti saman periaatteen taloja myöhemmin menestyneesti hyödyntäen Aladdin-kodin ideaa. (Smith 2010, s. 10).

Esivalmistettujen rakennusosien kehittyminen tuli mahdolliseksi uusien teollisuuden tuotantomenetelmien kehittymisen myötä. Henry Fordin kehittämä liukuhihnatuotanto mahdollisti alhaisemmat kustannukset hänen valmistamilleen autoille. Hän pystyi tuottamaan vähemmällä työvoimalla laadukkaampia tuotteita kuin kilpailijansa. Tämä vaki-

oimisen prosessi ja massatuotannon periaate siirtyi rakentamiseen ja 1910-lukuun mennessä useat yritykset alkoivat valmistaa esivalmistetuista rakennusosista tehtäviä taloja. Useat periaatteet liittyen muun muassa vakiointiin, massatuotantoon ja rakennusosien monikäyttöisyyteen voidaan yhdistää Fordiin. Esimerkki monikäyttöisestä rakennusosasta on 2x4 tuumaisen lankun käyttö talojen rakentamisessa. Rakennettavat talot voivat olla erilaisia, mutta ovat rakennettu vakiodusta ja massatuotetusta rakennusosasta. (Smith 2010, s. 11)

Vuonna 1933 Pierce Foundation kehitti talon nimeltä Buckminster Wichita House. Taloa oli kehittämässä muun muassa lentokoneen suunnittelijoita, insinöörejä ja työntekijöitä. Wichita House oli 11 metriä leveä ja painoi alle kolme tonnia. Tuotteella oli yhteensä noin 3500 tilausta, mutta niitä ei koskaan saatu tuotantoon. (Knaack et al. 2012, s. 44) Talo sisälsi esivalmisteisen kylpyhuone-elementin, johon oli integroitu muun muassa lämmitys, jäähdytys, jätteenpoisto ja ilmanvaihtojärjestelmä (Shepherd 1966, s. 58). Buckminster Wichita House voidaan nähdä yhtenä ensimmäisistä moduulirakentamisen periaatteita edustavista rakennuksista valmisosarakentamisen historiassa. Rakennus on esitetty kuvassa 2.6.



Kuva 2.6. *Buckminster Wichita House vuodelta 1946 (Smith 2010, s. 33)*

Toisen maailmansodan jälkeen Yhdysvalloissa syntyi tarve suuremmalle asuntomäärälle sotilaiden palattua kotimaahan. Tällöin saatiin lupa valmistaa 850 000 valmisosarakenteista taloa alle kahden vuoden aikana. Tämä johti omalta osaltaan valmisosarakentamisteollisuuden kasvuun Yhdysvalloissa. Vuonna 1954 tehtiin myös kokonaan esivalmistettuja omakotitaloja moduuleina, jotka toimitettiin kokonaisena rakennustontille. Näitä niin sanottuja mobiilitaloja oli mahdollista myös siirtää paikasta toiseen. Vuonna 1968 mobiilitalot muodostivat melko merkittävän, noin neljäsosan Yhdysvaltojen omakotitalorakentamisen osuudesta. (Smith 2010, s. 15)

Hilton Palacio Del Rio on merkittävä valmisosarakenteinen kohde Yhdysvalloissa ja se rakennettiin vuonna 1968. 21 kerroksinen rakennus koostui 500 huoneistomoduulista, jotka olivat tehty sisältä kokonaan valmiiksi. Hotellin rakentaminen suunnittelusta käyt-

töönottoon kesti 202 työpäivää ja huonemoduulien asentaminen nosturilla kesti 46 päivää. Hotelli on edelleen käytössä ja tietävästi korkein Yhdysvalloissa oleva modulaarinen rakennus. (McGraw-Hill Construction 2011, s. 9) Kuvassa 2.7. on esitetty huoneistomoduulin asentamista paikoilleen.



Kuva 2.7. Hilton Palacio Del Rio-hotellin huoneistomoduulin paikoilleen nostamista vuodelta 1968. (Hilton Palacio Del Rio 2016).

2.3 Suurmoduulit valmisosarakentamisessa

Tässä alaluvussa esitellään suurmoduuleihin ja esivalmisteisuuteen liittyviä merkittävimpiä hyötyjä ja rajoituksia. Alaluvussa annetaan muutamia esimerkkejä valmisosarakentamisessa käytettävistä suurmoduuleista osana kotimaista kerrostalojen rakentamista. Tähän osuuteen olisi voinut antaa valtavan määrän esimerkkejä myös Suomen rajojen ulkopuolelta, esimerkiksi Japanista, jota on pidetty edelläkävijänä esivalmisteisyydessä ja vakioinnissa rakennusosalalla (Gibb 2001, s. 312). Työn rajauksien ja laajuuden vuoksi ulkomaisia esimerkkejä ei tässä alaluvussa kuitenkaan esitetä.

2.3.1 Miksi korkeaesivalmisteinen rakentamistapa?

On monia mahdollisia syitä, miksi rakennusalan toimijat haluavat käyttää esivalmisteisempia rakennusosia. Pan et al. (2008, s. 12-13 & s. 37) tehdyn tutkimuksen mukaan suurimpia valmisosarakentamiseen kannustavia tekijöitä olivat: korkean laadun saavuttaminen, työmaa-aikataulun lyhentymisen, työmaa-aikataulun varmempi toteutuminen, työturvallisuuden parantuminen, työvoiman ammattitaidottomuuteen vastaaminen, kustannusvarmuus ja rakennusmääräyksiin vastaaminen. Aika ja laatu moduulirakentamiseen kannustavina tekijöinä ovat olleet korostettuina myös muissa tutkimuksissa (ks. Gibb et al. 2003; Goodier et al. 2007). Tulevaisuudessa moduulirakentamisen mahdollisuudet tulevat kasvamaan tietomallintamisen kehittymisen ja käytön lisääntymisen myötä rakennusosalalla (Azhar et al. 2012, s. 8; McGraw-Hill Construction 2011, s. 1).

Tämän lisäksi moduulirakentamista suosii rakennusosalalla yhä lisääntyvä tarve olla tuotavampi ja samaan aikaan ekologisempi. Näiden seikkojen lisäksi rakennusosien valmistusprosessien kehittyminen voi vaikuttaa moduulirakentamisen kasvuun (Azhar et al. 2012, s. 8; McGraw-Hill Construction 2011, s. 7)

Toisaalta rakennusala on tunnettu konservatiivisena alana, jossa muutokset tapahtuvat hitaasti. Pan et al. (2008, s. 13-14 & s. 38) tehdyn tutkimuksen mukaan valmisosarakentamisen käyttöä estävinä tekijöinä nähtiin: korkeammat pääomakustannukset, vaikeus saavuttaa suurtuotannon edut, vaikeat liitettävyydet rakennusjärjestelmissä, kykenemättömyys sitoutua suunnitelmiin aikaisessa vaiheessa, kaavoitusjärjestelmän luonne ja valmistuksen rajoitettu kapasiteetti. Näiden seikkojen lisäksi vähäinen tieto moduulirakentamiseen liittyvistä hyödyistä, moduulien vähäinen toimittajamäärä, rajoittunut työmaa-alueen koko ja moduulien suunnitelmien rajoittuneisuus, on muun muassa nähty moduulirakentamisen kasvua estävinä tekijöinä (Azhar et al. 2012, s. 8).

2.3.2 Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden hyödyt

Moduulirakentamisen ja korkeaesivalmisteisten rakennusosien käytössä nähdään kirjallisuustutkimuksen perusteella paljon rakentamisen tuottavuutta lisääviä tekijöitä ja muita etuja perinteiseen rakentamiseen nähden. On tärkeä tiedostaa, että moduulirakentamisen ja korkeaesivalmisteisten rakennusosien kokonaisvaltaisen hyödyn ymmärtäminen on vielä osittain puutteellista. Keskeistä on myös huomioida, että moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden hyödyt ovat projektikohtaisia ja riippuvat projektissa käytettävistä rakentamismenetelmistä. (Blismas et al. 2006, s. 121) Lisäksi hyötyjä voidaan tarkastella erilaisista näkökulmista, kuten joko tuotannon tai rakennuksen loppukäyttäjän osalta (Sorri et al. 2013, s. 9) Tämän lisäksi esivalmisteisuuteen liittyviä hyötyjä voidaan nähdä syntyvän myös teollisuudelle (Teriö, 2002, s. 27). Tässä esitetyt hyödyt on esitetty pääasiassa tuotannon näkökulmaa ajatellen.

Valmisosarakentamisella saavutettavat hyödyt ovat parhaimmillaan silloin, kun niiden käyttämisestä päätetään jo rakennushankkeen alkuvaiheessa, eikä niitä lisätä jälkikäteen hankkeeseen (Blismas et al. 2006, s. 128; McGraw-Hill Construction 2011, s. 6). Myös Gibb (2001, s. 315) mukaan valmisosarakentamisen hyödyt ovat silloin parhaiten saavutettavissa, kun koko projektiin osallistuvilla henkilöillä on ymmärrystä ja sitoutumiskykyä ja kriittiset päätökset hyväksytään ajoissa. Projektinjohton on vastattava modulaarisessa rakentamisessa erilaiseen rakentamiskulttuuriin, jossa esivalmisteisuudella on suurempi rooli. Jos näitä asioita ei oteta huomioon, voi korkeaesivalmisteisten rakennusosien käyttö lisätä rakennusaikaa ja kustannuksia. (Gibb 2001, s. 315)

McGraw-Hill Construction (2011) on suorittanut kyselytutkimuksen 809 rakennusalan toimijalle liittyen moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutuksiin rakentamisen tuottavuuteen. Vastaajista 65 % oli urakoitsijoita, 12 % arkkitehtejä ja 23 % suunnitelmia.

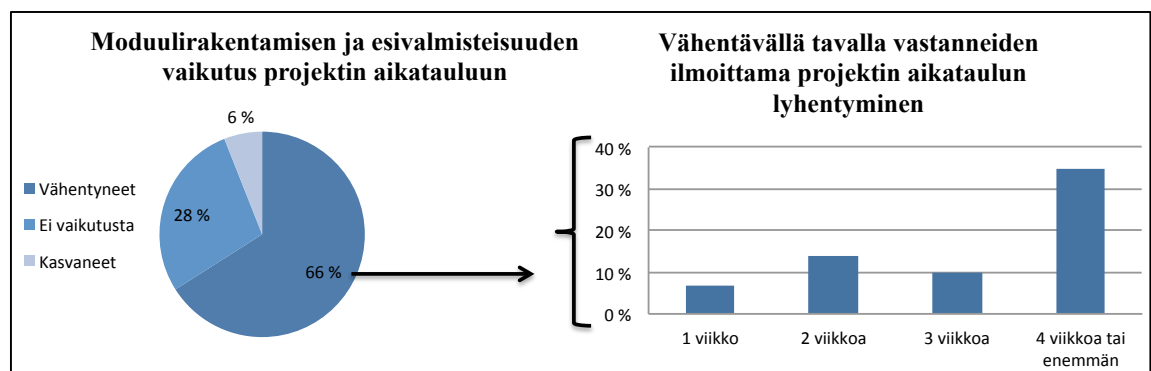
nittelijoita. Tässä alaluvussa esitetyt kyseiseen lähteeseen viittaavat kuvaajat pohjautuvat näihin tilastoihin.

Rakennusaika

Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden on todettu useissa lähteissä vähentävän rakennusaikaa (ks. McGraw-Hill Construction 2011; Lawson et al. 2014; Pan et al. 2012; Blismas et al. 2006; Goodier et al. 2010).

On monia syitä, miksi moduulirakentaminen vaikuttaa rakentamisen aikatauluun vähentävästi. Eräs selkeä syy tähän on, että rakennusosat on esivalmistettu tehtaalla korkeammalle tasolle perinteiseen rakentamiseen nähden, jolloin työmaalla ei jää niin paljon suoritettavia työvaiheita ja rakentaminen on nopeampaa.

McGraw-Hill Construction (2011, s. 18) mukaan 66 % vastanneista kertoo projektin aikataulun lyhentyneen moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutuksesta. 28 % vastanneista kertoi, ettei tällä ollut vaikutusta ja 6 % vastasi, että aikataulu oli pidentynyt. Niistä, jotka olivat kertoneen aikataulun lyhentyneen, 35 % oli saanut neljä viikkoa tai enemmän aikatauluhyötyä projektiinsa. Tätä voidaan pitää melko suurena aikatauluhyötynä ottaen huomioon rakennushankkeiden keskimääräinen kesto. Täytyy kuitenkin huomioda se, että suunnitteluvaiheessa voi mennä enemmän aikaa, kun käytetään moduuleja ja suurta esivalmistusastetta (McGraw-Hill Construction 2011, s. 18). Alla olevassa kuvassa 2.8. on esitetty kyselytutkimuksen tuloksia aikatauluun liittyen.



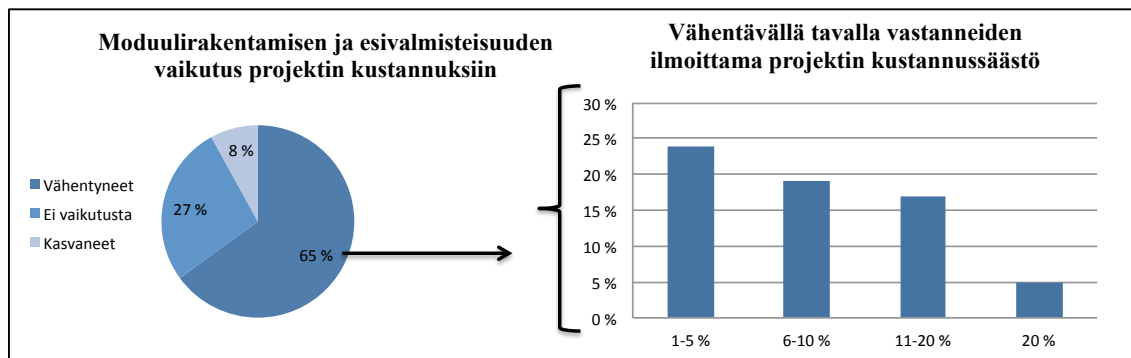
Kuva 2.8. Vasemmalla moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus projektin aikatauluun. Oikealla vähentävällä tavalla vastanneiden ilmoittama projektin aikatauluhyöty (muokattu lähteestä: McGraw-Hill Construction 2011, s. 18).

Lyhentynyt projektin aikataulu on esivalmisteisuuden ja moduulirakentamisen johdosta syntyvä suurin tuottavuuden lisääjä (McGraw-Hill Construction 2011, s. 18). Aikataulu lyhentää myös se, että sääolosuhteet eivät vaikuta rakentamisvaiheessa niin merkittävässä määrin. Toisaalta esimerkiksi puukerrostaloja rakentaessa moduuleista, voivat moduulit olla asennusvaiheessa arkoja kosteudelle, jolloin sää vaikuttaa myös moduulien asentamisnopeuteen.

Kustannukset

Rakentamisessa voittomarginaalit ovat usein tiukkoja, jolloin suhteellisen vähäisilläkin kustannussäästöillä voidaan saavuttaa suurta hyötyä (McGraw-Hill Construction 2011, s. 19). Useissa lähteissä todetaan modulaarisen rakentamisen ja korkean esivalmistisuuden vaikuttavan kustannuksiin vähentävällä tavalla (ks. Lawson et al. 2014; McGraw-Hill Construction 2011; Goodier et al. 2010). Kustannusten väheneminen on perusteltavissa muun muassa sillä, että työmaan aikataulu on lyhyempi. Rakentamisen työvoimakaskeisuuden vuoksi, moduulirakentamisen johdosta lyhentyneet rakennusaika vaikuttaa työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin vähentävästi (Lawson et al. 2014, s. 7; McGraw-Hill Construction 2011, s. 18). Tämä johtuu muun muassa sekä lyhentyneestä rakennusajasta, että vähemmän työvoiman tarpeesta.

Suurella toistettavuudella voidaan päästä etenkin suurissa projekteissa kustannustehokkaaseen toteutukseen, kun käytetään keskenään samankaltaisia moduuleja (Lawson et al. 2014, s. 7). McGraw-Hill Construction (2011) tutkimuksen tuloksena 65 % vastaajista kertoo moduulirakentamisen ja esivalmistuksen vaikuttaneen projektin kustannukseen vähentävästi. 27 % kertoo, ettei vaikutusta ollut ja 8 % kertoo, että kustannukset olivat kasvaneet. Niistä, jotka olivat vastanneet moduulirakentamisen ja esivalmistisuuden vaikuttavan vähentävällä tavalla kustannuksiin, 5 % vastasi, että kustannukset olivat vähentyneet yli 20 %. Tämä tarkoittaa rakennusprojektissa merkittävää kustannushyötyä. Alla olevassa kuvassa 2.9. on esitetty kyselytutkimuksen tuloksia kustannuksiin liittyen.



Kuva 2.9. Vasemmalla moduulirakentamisen ja esivalmistisuuden vaikutus projektin kustannuksiin. Oikealla vähentävällä tavalla vastanneiden ilmoittama projektin kustannushyöty (muokattu lähteestä: McGraw-Hill Construction 2011).

Blismas et al. (2006) toteavat tutkimuksessaan, että vaikka esivalmistisuuden etuja syntyy suorista kustannussäästöistä, suurimmat esivalmistisuuden hyödyt syntyvät epäsuorista kustannussäästöistä ja rahallisesti mittaamattomilla hyödyillä. Tämä saattaa usein johtaa siihen, että korkeaesivalmistein rakentaminen nähdään kalliimpana vaihtoehtona, kuin se oikeasti on, koska piileviä hyötyjä ei osata välttämättä mitata rahallisesti. Toisaalta näiden piilevien hyötyjen rahallinen arviointi voi olla hankalaa, jolloin kokonaiskustannukset ovat osin epäluotettavia. Myös McGraw-Hill Construction (2011,

s. 19) tutkimuksessa on esitetty, että suurin osa esivalmisteisuuden ja modulaarisuuden johdosta syntyvistä kustannussäästöistä tulee sekundäärisistä lähteistä, kuten työvoimakulujen vähenemisestä. Työmaalla tarvitaan vähemmän työvoimaa, kun rakennusosat ovat valmistettu tehtaalla pidemmälle (Lawson et al. 2014, s. 8). Myös kustannuksien aikaisempi määräytyminen lisää esivalmisteisuuden arvoa projektissa ja on etenkin tilaajalle arvokasta, kun yllättäviä lisäkuluja ei pääse niin helposti syntymään (McGraw-Hill Construction 2011, s. 19).

Yleiset arviointitavat rakennusosan esivalmisteisuuden hyödyistä jättävät kuitenkin usein huomioimatta työmaalla syntyviä mahdollisia lisäkustannuksia, jotka johtuvat esivalmisteisten rakennusosien käytöstä. Kustannukset syntyvät esimerkiksi mahdollisesti suuremman nosturin vuokrakuluista ja korkeaesivalmisteisten rakennusosien korjauksiin liittyvistä kuluista (Blismas et al. 2006, s. 121). Moduulirakenteiden korjaus-tarve voi syntyä esimerkiksi kuljetuksen aikana moduuliin syntyvistä vaurioista sekä moduulien asennusvirheistä.

Laatu

Useat tutkimukset yhdistävät moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden parempaan laatuun verrattuna perinteisempiin rakennusmenetelmiin (ks. McGraw-Hill Construction 2011; Blismas et al. 2005; Pan et al. 2012; Lawson et al. 2010; Lawson et al. 2014).

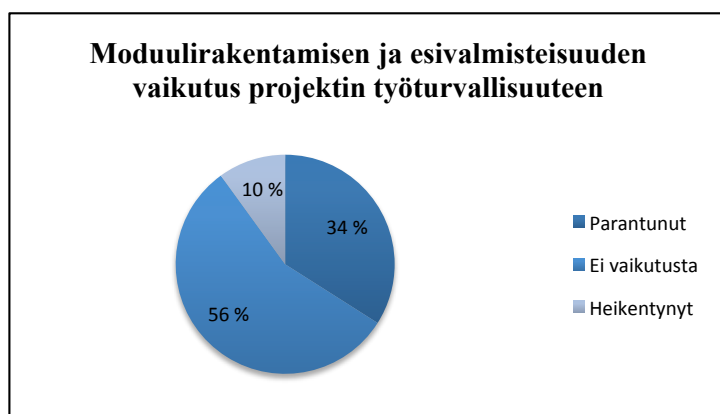
Perinteisen rakentamisen haasteena on työmaalla rakennusolosuhteet, jotka ovat säästä riippuvaisia. Rakennustyömaalla tehtynä olosuhteet rakentamiselle ovat harvoin yhtä optimaaliset, kuin tehdasolosuhteissa. Kosteus, lumi, tuuli ja kylmyys voivat vaikuttaa rakentamiseen siten, että työvaiheita ei voida suorittaa ja joudutaan rakentamaan sääsuojia, jotka jälleen omalta osaltaan tuovat lisäkestoa rakennuksen työmaavaiheeseen. Tämän jälkeenkään päästään harvoin tehdasolosuhteiden olosuhteiden ja teollisten prosessien kautta saavutettavaan laatutasoon. Tehdasolosuhteissa esivalmistetut rakennusosat ovat tätä kautta usein parempilaatuisia ja tasalaatuisempia, kuin työmaalla tehtynä.

Myös työtä suorittavat tekijät voivat vaihtua rakennustyömaalla ja joudutaan tekemään useita laadunvarmistustarkistuksia ja osavastaanottoja, jotta haluttu laatutaso saavutetaan. Esivalmisteisuuden ja moduulien käytön myötä projektin hallinta on usein helpompaa, koska johdettavat työvaiheet vähenevät.

Työturvallisuus

Työturvallisuuden paraneminen on esitetty monissa tutkimuksissa moduulirakentamisesta ja esivalmisteisuudesta syntyvänä etuna (ks. Azhar et al. 2012; Blismas et al. 2006; Gibb 2001; McGraw-Hill Construction 2011). Rakennusalalla työturvallisuus on jatkuvana haasteena ja sen kehittämiseen on panostettu viime vuosina etenkin Suomessa paljon. Tällöin jokainen asia, jolla sitä voidaan parantaa, on huomionarvoista. McGraw-Hill Constructionin (2011) tutkimuksen mukaan 34 % ilmoitti, että esivalmisteisuuden

ja moduulirakentamisen seurauksena työmaan työturvallisuus parani. Syyt tähän voivat vaihdella projektien välillä, mutta eräitä syitä voivat olla vähentynyt tarve työskennellä telineiltä ja hankalissa paikoissa (McGraw-Hill Construction 2011, s. 20). Ylipäättään työturvallisuutta parantaa se, että esivalmisteisuuden myötä työmaalla tarvitaan todennäköisemmin vähemmän työvoimaa. Lisäksi työmaan rakennusaika on lyhyempi, jolloin työtapaturmien todennäköisyys pienenee. McGraw-Hill (2011) tutkimuksen mukaan 10 % raportoi, että työturvallisuus heikkeni esivalmisteisuuden myötä. Tämä voi johtua mahdollisesti moduulien suuresta koosta ja siitä, että niiden asentamistekniikka ei täysin hallita ennen asentamista. Moduulien asennuksen tulee olla tarkoin mietitty ennen asentamista. Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus työturvallisuuteen on esitetty kuvassa 2.10.



Kuva 2.10. Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden vaikutus työturvallisuuteen projektissa (muokattu lähteestä: McGraw-Hill Construction 2011).

Ekologisuus

Moduulien valmistamisessa syntyy vähemmän jätettä kuin työmaakeskeisessä rakentamisessa (Goodier et al. 2010, s. 32). Lisäksi tehdasolosuhteissa valmistettaessa materiaalien kierrätykseen ja hyötykäyttöön on paremmat mahdollisuudet kuin työmaalla (Lawson et al. 2014, s. 8). Perinteisessä rakentamisessa syntyy jätettä muun muassa materiaalin tilaamisesta hukkan varalle, vaurioitumisen vaikutuksesta, materiaalien häviämisestä ja työvirheiden johdosta (Lawson et al. 2014, s. 245).

Moduulit mahdollistavat paremmin uudelleenkäytettävyyden, kuin perinteinen rakentaminen, koska niitä voidaan käyttää ainakin jollain tasolla muualla rakennuksen purkamisen jälkeen (Lawson et al. 2014, s. 8). Materiaali ja jätesäästöt voivat olla jopa 15 % paremmat kuin perinteisessä rakentamisessa. Tämä voi tarkoittaa noin 3-4 % säästöjä koko hankkeen kustannuksista. (Lawson et al. 2014, s. 239)

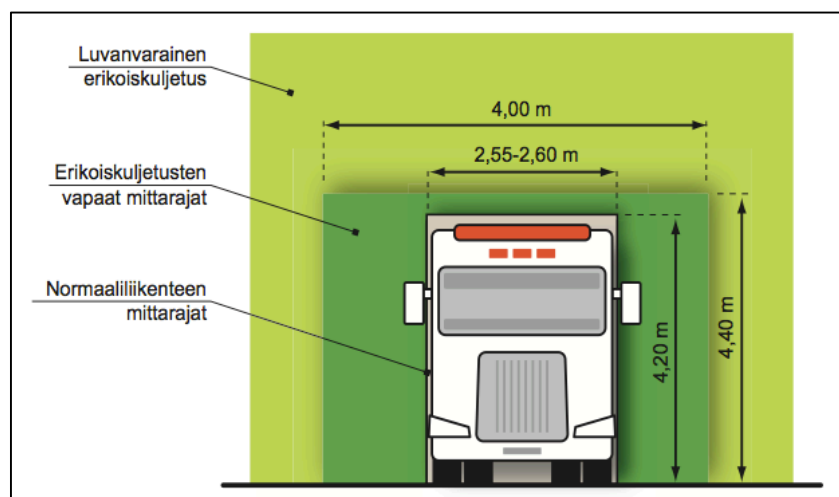
Pan et al. (2012 s. 88.) mukaan jätteen tuotto voi vähentyä valmisosarakentamisen myötä jopa 100 %, jolloin työmaa voi säästää jättekuluissa noin 85 %. Eli moduulien ja esivalmisteisuuden käyttämisellä on selkeä potentiaali säästää työmaan jättekustannuksissa.

Hyvänä havainnollistajana moduulien ja esivalmisteisuuden ekologisuudesta on kylpyhuone, joka voidaan tehdä joko perinteisesti työmaalla paikallatehtynä tai vaihtoehtoisesti tehdasesivalmisteisena moduulina. Perinteisesti tehtynä kylpyhuoneessa toimii työmaalla lukuisia aliurakoitsijoita ja kylpyhuoneeseen joudutaan tilaamaan useista lähteistä materiaalia, jolloin joudutaan tilaamaan useita kuormia työmaalle. Tästä syntyy myös omalta osaltaan pakkausjätettä ja hukkamateriaalia, joiden logistiikka joudutaan järjestämään työmaalla. Jos kylpyhuone taas tilataan taas esivalmisteisena moduulina, joudutaan tekemään kylpyhuoneen asennustyö ja muita työntekijöitä ei tarvita. Lisäksi moduuli siirtyy yhdellä kuormalla työmaalle, eikä sen rakentamiseen työmaalla tarvita materiaalia useista eri lähteistä samalla tavalla kuin paikalla tehtynä.

2.3.3 Moduulirakentamisen ja esivalmisteisuuden rajoitukset

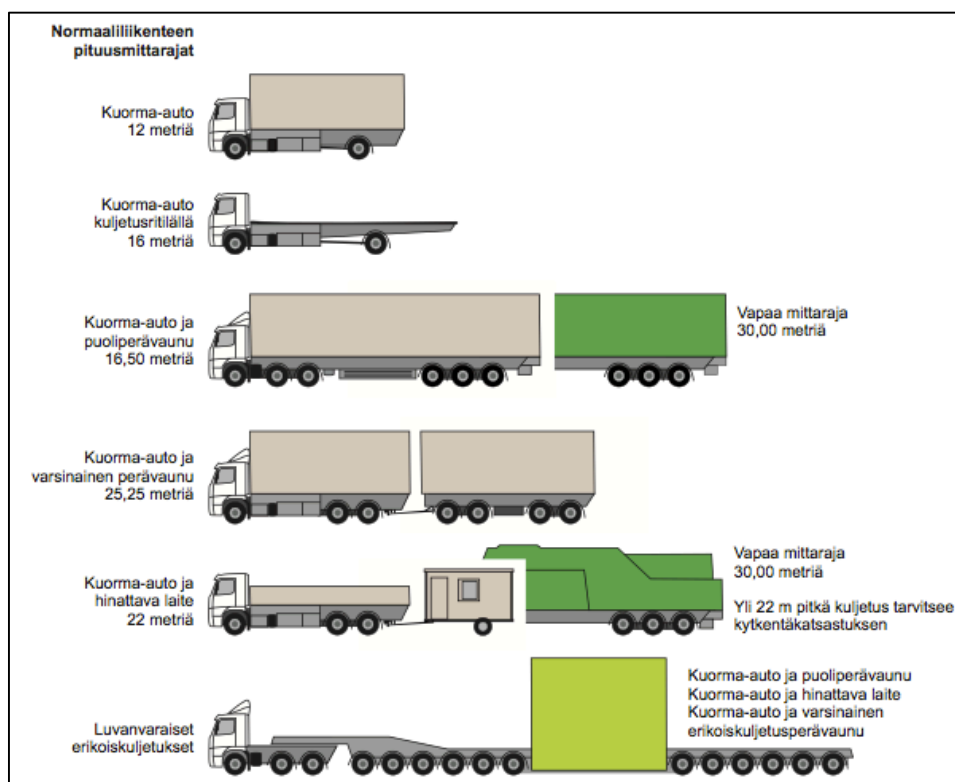
Koko ja paino

Moduulien fyysiset mitat voivat tulla etenkin kuljetuksessa rajoittaviksi tekijöiksi. Tätä kautta myös paino muodostuu rajoittavaksi tekijäksi. (Knaack et al. 2012, s. 48) Paikoin kuljetusrajoitukset määrittelevät suunniteltavaa moduulikokoa, jolloin moduulit tulee suunnitella kuljetuksen mukaan (McGraw-Hill Construction 2011, s. 45). Suurimpien moduulien tapauksessa, moduulien kuljetus joudutaan tekemään erikoiskuljetuksella, joka on poikkeuksellisen suuri tai painava kuljetus (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2010). Erikoiskuljetuksessa kuorman ylimassa, ylikorkeus, ylileveys tai yli pituus eivät saa johtua kuormattavien esineiden sijoittamisesta. Erikoiskuljetus maksaa myös enemmän kuin normaali kuljetus. Kuvassa 2.11 on esitetty normaaliliikenteen, erikoiskuljetusten ja luvanvaraisten erikoiskuljetusten mittarajat Suomessa.



Kuva 2.11. Kuljetusten mittarajat Suomessa (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2010).

Kuvassa 2.12. on esitetty kuljetusten mittarajat pituussuunnassa Suomessa.



Kuva 2.12. Normaaliliikenteen pituusmittarajat Suomessa (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2010).

Moduulit saattavat saada myös rasituksia kuljetuksen aikana, jotka ovat erilaisia verrattuna asennustilanteessa syntyvään rasitukseen. Tämä voi vaikuttaa siihen, että moduuleissa joudutaan käyttämään vahvempia materiaaleja, jota kautta moduulien koko ja paino kasvaa (Knaack et al. 2012, s. 48).

Kun tilataan ulkomailta Suomeen moduuleja, tulee huomioida moduulien mittarajoitukset koskien logistiikkaa, koska ne poikkeavat Suomen mittarajoituksista. Esimerkiksi rahtikonteilla on tietyt mittarajoitukset, joihin moduulien tulee sopia. Täytyy huomioida, että moduulit voivat liikkua maiden välillä laivoilla, junilla ja rekoilla, jolloin liikuteltavan moduulin tulee sopia tarvittaessa jokaiseen kuljetusmenetelmään.

Rajoitetut toimittajat

Moduuleilla voi olla rajoitetusti toimittajia verrattuna perinteiseen rakentamiseen (McGraw-Hill Construction 2011, s. 45). Tällöin moduuleja voi olla hankalampi hankkia kilpailukykyisellä hinnalla ja tätä voidaan pitää melko suurena rajoituksena tällä hetkellä moduulien käyttämistä ajatellen.

Kosteusalttius kuljetuksen ja työmaavaiheen aikana

Moduulit ovat pitkälle esivalmistettuja, joka tekee niihin syntyvistä kosteusvaurioista kalliita korjauskustannuksien osalta. Moduulit suojataan yleensä niiden valmistuksen

jälkeen, jolloin ne on säältä suojassa tarvittavaan vaiheeseen asti. Suojauksen kestäminen ei kuitenkaan välttämättä aina toteudu, jos suojaus pettää tai sitä joudutaan irrottamaan asennustyön takia. Tällöin riski kosteusvauriolle kasvaa. Lisäksi suojaus voidaan joutua irrottamaan tietyiltä osin asennuksen aikana menetelmästä riippuen ja tällöin suojaus ei ole enää täysin tiivis. Suojaukseen käytetään erilaisia ratkaisuja, kuten muoviva tai hengittävää peitettä. Hengittävä peite ei päästä vettä sisään, mutta vesihöyry pääsee sisältä ulos (Lawson et al. 2014, s. 235).

2.3.4 Esimerkkejä kerrostalorakentamisesta

Neapo Oy

Konkurssiin vuonna 2013 hakeutunut Neapo Oy oli merkittävä modulaarisen rakentamistavan edustaja Suomessa. Yritys valmisti tehdasolosuhteissa moduuleita, joiden runkorakenteena käytettiin FIXCEL®-teräskennorakennetta. Tämän ohutlevykennon ominaisuuksia olivat muun muassa keveys, jäykkyys ja kestävyys. Tämä mahdollisti suurempien moduulien valmistamisen kokonaan tehdasolosuhteissa verrattuna puu- ja teräskehäisiin moduuleihin (Sorri et al. 2013, s. 98). Tietyvästi Suomen ensimmäinen yli kaksikerroksinen moduulirakenteinen kerrostalo Myllypuroon on valmistettu tällä teknologialla vuonna 2012. Moduulirakentamisen etuina Neapo Oy kertoi muun muassa nopeuden, laadun, ekologisuuden ja ääneneristävyyden sekä paloturvallisuuden (Neapo 2016).

Myllypuron kohteen kellarikerros ja osittain maanalainen autohalli tehtiin betonista paikalla. Samanaikaisesti Neapo Oy valmisti kohteessa kokoonpantavia moduuleja, kuten asuntoja, hissejä ja porrastorneja. Huoneistot rakennettiin valmiiksi tehdasolosuhteissa ja niihin oli integroitu tehtaalla myös tarvittava talotekniikka. Moduulien kokoonpano suoritettiin työmaalla liittämällä ne toisiinsa ja tekemällä tarvittavat talotekniset liitokset. Myllypuron kohteessa vesikatto ja rappaus tehtiin työmaalla. (Sorri et al. 2013, s. 98-99) Kuvassa 2.13. on esitetty Neapo Oy:n suurmoduulien asentamista.



Kuva 2.13. Neapo Oy:n suurmoduulien asentamista Helsingin Myllypurossa (Neapo 2016).

Stora Enson tilaelementtirakentaminen

Stora Enso valmistaa tilaelementtejä, joista tehdään puukerrostaloja. Stora Enson tilaelementit ovat esivalmistettuja asuntomoduuleja, joiden rakennusmateriaalina käytetään Stora Enson massiivipuista CLT-levyä. Levy koostuu ristikkäin liimatuista puulevykerroksista. (Puuinfo 2016) Kuvassa 2.14. on esitetty Stora Enson tilaelementeistä rakennettu puukerrostalo ja tilaelementti.



Kuva 2.14. Stora Enson tilaelementtirakentamista. Vasemmalla rakennettu puukerrostalo Jyväskylän Kuokkalassa (Puuinfo 2016). Oikealla tilaelementtirakenteinen asuntomoduuli, joka on sisältään valmis (Puuinfo 2016).

Stora Enson tilaelementit valmistetaan kokonaan sisätiloissa ja niihin integroidaan valmiiksi tarvittava talotekniikka. Tilaelementit ovat sisältään valmiita lähtiessään tehtaalta. Yksi asunto voi koostua yhdestä tai useammasta tilaelementistä. Tilaelementit ovat kantavia, joten niiden lisäksi ei tarvita erillisiä kantavia rakenteita. Stora Enso esittää, että tilaelementeillä rakentamalla voidaan saavuttaa jopa 50-70 % nopeampaa rakentamista verrattuna esimerkiksi perinteiseen betonielementtirakentamiseen. Menetelmän hyötyinä esitetään muun muassa tarkkuus, nopeus ja kuiva rakentaminen. Tämän lisäksi on nostettu esille tehdasolosuhteet, vakioitu laatu, kustannus- ja ajallinen varmuus sekä mahdollisuus hyödyntää menetelmää korjausrakentamisessa. (Stora Enso 2016)

Toinen vastaavanlainen tuote Stora Ensolla on Skanskan ja Ikean kehittämä BoKlok. Konseptilla pyritään tuottamaan korkealaatuisia maltillisesti hinnoiteltuja taloja valmiista tilaelementeistä, joita Stora Enso valmistaa. Talot ovat kaksikerroksisia ja kooltaan $44,5 \text{ m}^2$ - 72 m^2 . (Stora Enso 2016)

SATO StudioKoti-konsepti

Tässä esitellään Sato StudioKoti-konsepti, sen vuoksi, että siinä voisi olla tulevaisuudessa potentiaalia rakentaa modulaarisella tavalla konseptin luonteen vuoksi. Tämän tutkimuksen aikana käytiin tutustumassa StudioKodin malliasuntoon ja samalla haettiin virikkeitä tilatekniikkamoduulin kehittämiseen. Sato Oyj:n StudioKoti-konsepti on tehty vastaamaan pääkaupunkiseudun asuntojen muuttuneeseen kysyntään (Sato 2016). StudioKoti on pinta-alaltaan $15,5 \text{ m}^2$ kokoinen ja sisältää parven, joka on $6,3 \text{ m}^2$ kokoinen. Koko asunnolla on korkeutta noin neljä metriä ja parviusuudella korkeus on puolitoista metriä. Asunnon eteisessä on keittiö ja asunnossa on myös kylpyhuone, jossa on seinäwc, käsienspesuallas ja suihku. Asunnossa on pienen kokonsa puolesta panostettu toiminnallisuuteen, joka näkyy tiloissa muun muassa erilaisissa säilytysjärjestelmissä.

Konseptille suunnitellaan 68 asunnon pilottikohdetta Vantaan Martinlaaksoon. Sato ei ole saanut vielä pilottikohdettaan käyntiin, koska viranomais määräysten mukaan alle 20 m^2 asuntoja ei saa rakentaa. Suunniteltu pilottikohde koostuisi keskenään samanlaisista StudioKodeista. Kerrostalon ylimmässä kerroksessa olisi asukkaille sauna ja oleskelutilat sekä terassi. StudioKoti-konseptilla Sato tavoittelee erinomaista asiakaskokemusta, viihtyisyyttä ja edullisia asumiskustannuksia. Asumisen vuokratkustannukset olisivat pilottikohteessa 500 € kuukaudessa. Kuvassa 2.15. on esitetty Sato StudioKoti-konseptin malliasunto ja konseptille suunniteltu pilottikohde.



Kuva 2.15. SATO StudioKodin malliasunto kuvassa vasemmalla. Oikealla konseptille suunniteltu pilottikohde, joka koostuu 63 keskenään samanlaisesta StudioKodista (Sato 2016).

2.4 Näkökulmia valmisosarakentamisen tuotteistamiseen

Tässä alaluvussa esitetään suppeasti valmisosarakentamisen tuotteistamiseen liittyvää teoriaa. Luvussa esitellään myös lyhyesti Manubuild-projektiin liittyvää NCC Komplettia ja arvioidaan sen tuotteistamisen onnistumista.

2.4.1 Vakiointi

Vakioinnilla tarkoitetaan komponenttien, metodien ja prosessien laaja-alaista käyttöä, joissa on säännöllisyyttä ja toistettavuutta. Lisäksi tiedetään, että näitä on käytetty aikaisemmin onnistuneesti ja ne ovat ennustettavissa. (Gibb 2001, s. 308) Yleisesti ottaen vakioinnilla pyritään siis vähentämään tuotevariaatioiden käyttöä ja parantamaan tätä kautta kannattavuutta.

Historiallisesti ne yritykset, jotka ovat käyttäneet paljon vakiointia, ovat aina kamppailleet siinä, kuinka saada vakiointi ja yksilöllinen kustomointi toimimaan yhdessä (Gibb 2001, s. 308, Gropius in Russell 1959, s. 48 mukaan). Edelleen yrityksillä on haasteita ratkaista tämä ongelma, joka joskus johtaa suunnittelun yksipuolisuuteen, kun taas pitäisi varmistaa optimoituja toteutuksia.

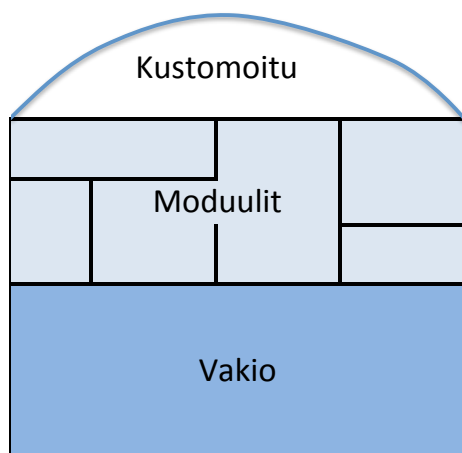
Valmisosarakentamisessa käytettäviä rakennusosia valmistetaan tehtailla teollisesti. Tämä edellyttää sitä, että käytetään pitkiä tuotantosarjoja, joka taas edellyttää tuotteiden vakiointia (Teriö 2002, s. 11). Lawson et al. (2014, s. 225) mukaan modulaarinen ja korkeaesivalmisteinen rakentaminen vaativat vakiointia valmistusprosesseissa ja materiaalien hankinnoissa.

2.4.2 Massakustomointi

Massakustomoinnin konsepti tarkoittaa yksinkertaisimmillaan sitä, että tuotetaan kustomoituja tuotteita asiakkaalle kohtuullisin hinnoin (Duray 2002, s. 314). Käytännössä massakustomoinnin toteuttaminen ei kuitenkaan ole aivan niin yksinkertaista. Silveira et al. (2001, s. 1) mukaan massakustomointi viittaa kykyyn tuottaa räätälöityjä tuotteita tai palveluita joustavien prosessien, korkean volyymin ja edullisten tuotantokustannusten kautta asiakkaalle.

Sipilän (1995, s. 69-70) mukaan massakustomoidun tuotteen voi ajatella siten, että siinä on mahdollisimman suuri vakio-osa, moduuliosia ja kustomoitu osa. Asiakas näkee tuotteessa kustomoidun osan, jolloin tuote näyttää kustomoidummalta kuin se todellisuudessa on. Kustomoitava osuus minimoidaan sitä osuutta varten mitä sillä hetkellä tehdään. Näin pystytään nopeuttamaan valmistusaikaa ja tehostamaan tuotantoa. Tätä ajatusta voidaan esittää syntymäpäiväkakkumallilla. Kakun päällä on asiakkaalle syntyvä vaikutelma tuotteesta, joka voi olla hyvinkin kustomoitu tai räätälöity. Kakun keskel-

lä on moduuliosia ja alimpana on vakioitu osa. Massakustomoinnin esittäminen syntymäpäiväkakkumallilla on esitetty kuvassa 2.16.



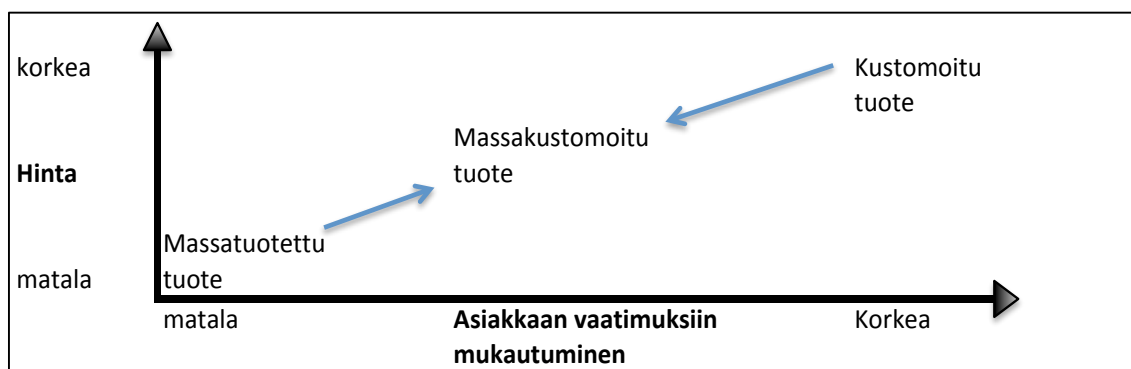
Kuva 2.16. Kustomointia moduloinnin avulla (Sipilä 1995, s. 70).

Eräs malliesimerkki massakustomoidusta tuotteesta tulee autoteollisuudesta. Esimerkiksi BMW:n verkkosivuilla pystyy rakentamaan itselleen konfiguraattorilla kustomoidun ajoneuvon. Valmiista vaihtoehtoista valitaan aluksi haluttu automalli, johon pystyy valitsemaan edelleen valmiista vaihtoehtoista muun muassa moottorin, varusteversiot, ulkovärit, varustepaketit ja lisävarusteet. Tällöin auton ostaja voi tehdä autostaan haumansalaisen, mutta valmiita vakioituja ratkaisua hyödyntämällä.

Asuntorakentamiseen tulevan valmisosan tuotteistamisessa on tärkeä ottaa asiakas huomioon. Tällöin massakustomoinnin avulla voidaan saavuttaa sekä asiakkaiden kohtaaminen, kuin myös valmisosan tehokas tuotanto. Tiuhonen et al. (1997, s. 9) kuvailevat tutkimuksessaan massakustomoitua tuotetta. Massakustomoidun tuotteen ensisijaisina etuina esitetään muun muassa:

- kyky täyttää asiakkaan vaatimukset laaja-alaisesti
- lyhyemmät toimitusajat ja pienempi varastotilan tarve ja
- parempi tuotannon hallinta, esimerkiksi laaja valikoima lopputuotteita suhteellisen pienestä määrästä komponentteja.

Tiuhonen et al. (1997) käyttävät termiä konfiguroitu tuote massakustomoidun tuotteen sijasta, mutta perusajatus on sama kuin massakustomoidussa tuotteessa (Tiuhonen et al. 1997, s. 2). Massakustomoidulla tuotteella pystytään mukautumaan asiakkaan vaatimuksiin samalla pitäen hinta kohtuullisena. Massakustomoitua tuotetta voidaan havainnollistaa kuvaajalla, joka on esitetty kuvassa 2.17.



Kuva 2.17. Massakustomoitu tuote (muokattu lähteestä: Tiihonen et al. 1997).

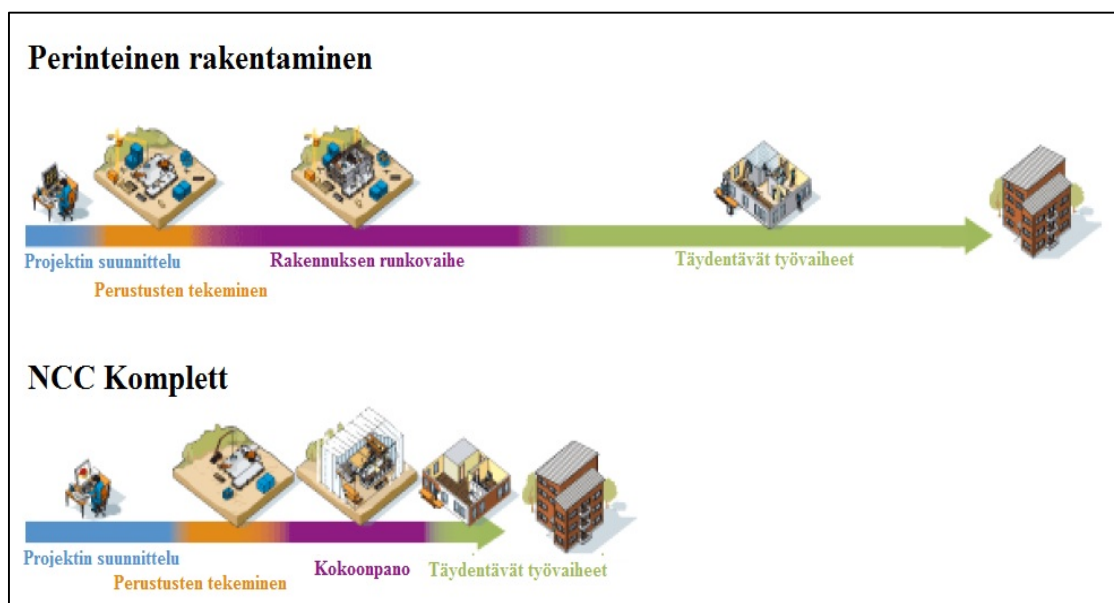
Rakennusala on usein kehoitettu ottamaan mallia autoteollisuudesta, mutta täytyy pitää mielessä että rakennukset ovat eri asia kuin autot. Autoteollisuuden valmistusprosessien ajattelumallin siirtämisessä suoraan talojen rakentamiseen tulee vastaan rajoitteita. Tämä johtuu siitä, että rakennukset ovat kompleksisia tilaajalle kustomoituja tuotteita. Selkeää on kuitenkin se, että tietyissä asioissa massatuotantoa on syytä korvata massakustomoinnilla ja rakennusallalla on vielä opittavaa autoteollisuudesta. (Gibb 2001, s. 311).

2.4.3 Case: NCC Komplett

NCC Komplett on NCC:n kehittämä moduulirakentamista edustava ratkaisu. NCC Komplett oli mukana Manubuild-nimisessä projektissa. Manubuild, toiselta nimeltään Open Building Manufacturing, käynnistyi vuonna 2005 osittain Euroopan Komission rahoittamana. Projektin liittyi teolliseen rakentamiseen ja kesti neljä vuotta. Projektissa oli 22 yhteistyökumppania kahdeksasta Euroopan maasta mukaan lukien NCC. Manubuild-projektin visiona oli kehittää rakennuksia, joissa asiakkaalle yhdistyy kodissa korkea laatu, alhaiset kustannukset ja korkea rakentamisen esivalmistusaste kuitenkin säilyttäen suunnitteluratkaisujen joustavuus. (Manubuild 2009, s. iv)

NCC Komplett täytti tämän vision hyvin. NCC Komplett pohjautui siihen, että tehdasolosuhteissa esivalmistetaan korkealaatuisia kerrostaloja tilaajan toiveiden mukaan (Thuesen et al. 2009, s. 54). Tehdasolosuhteissa pitkälle viety esivalmistus mahdollisti kerrostalojen tekemisen karkeasti puolesta tavanomaisesta rakennusajasta ja olettamuksena alhaisemmin kustannuksin. NCC Komplett pyrki siis melko radikaaliin muutokseen perinteisestä rakentamisesta teolliseen.

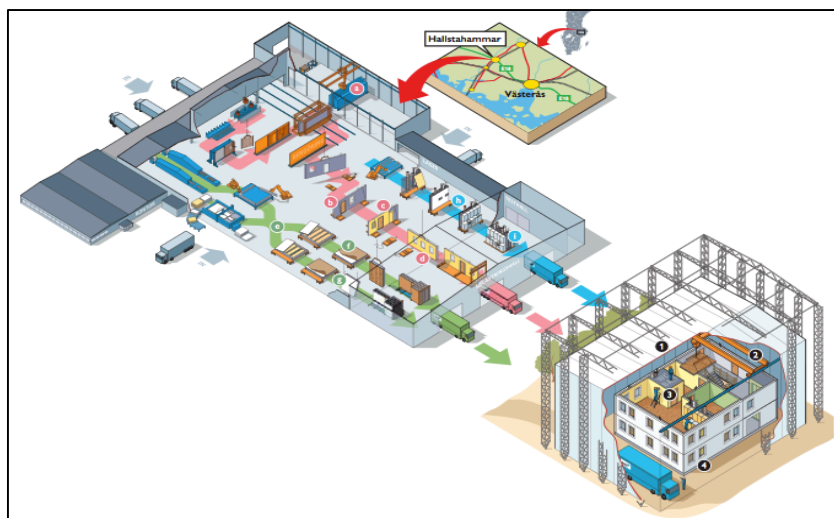
Työmaalla asennettavat moduulit olivat noin 90 % valmiita lähtiessään tehtaalta, joten työmaalle ei jäänyt paljoa suoritettavaa työtä (Thuesen 2009, s. 55). Kuvassa 2.18. on esitetty NCC Komplettin tuottamaa aikataulullista hyötyä verrattuna perinteiseen rakentamiseen.



Kuva 2.18. Perinteisen rakentamisen ja NCC Kompletin eroavaisuudet aikataulullisesti (Thuesen 2009, s. 55).

NCC Komplet tehtaassa esivalmistettiin moduuleja, joihin integroitiin talotekniikka valmiiksi. Tehtaassa muun muassa valettiin seinäelementit ja tehtiin lähes kaikki rakennuksen sisävalmistusvaiheen työt. Idea oli, että NCC Komplet ei ole riippuvainen työmaan vaihtelevista sääolosuhteista ja että työ tehtaassa voitiin suorittaa paremmin kuin työmaalla. (Thuesen 2009, s. 55)

Moduulien kokoonpano tehtiin työmaalla, jonne perustukset oli tehty etukäteen. Rakennus oli suojattu kokonaan vedeltä, eli kokoonpano tapahtui hupun alla. Erilaiset moduulit nostettiin paikoilleen ja liitettiin toisiinsa. Korkein tällä tuotantomenetelmällä rakennettavissa oleva kerrostalo on kahdeksan kerroksinen ja maksimipituudeltaan 60 metriä. Tehtaan ja työmaan toiminnan periaatetta on havainnollistettu kuvassa 2.19.



Kuva 2.19. NCC Kompletin tehdas ja työmaa (NCC)

Yhden kerrostalon kokoonpanoa varten tarvittiin neljä työmiestä ja yksi työnjohtaja. Tämän työryhmän tavoite oli kokoonpanna 3-5 asuntoa viikossa, joka vaati pääasiassa järjestelmällisyyttä ja logistiikkaa. (Thuesen 2009, s. 56)

Kuitenkin vuoden 2007 lopussa NCC päätti keskeyttää NCC Komplett talojen rakentamisen. Tähän mennessä arviolta viisi projektia oli tehty. Ongelmia syntyi muun muassa suunnittelussa sekä valmistusprosesseissa ja kustannukset nousivat liian korkeiksi. Samaa aikaan kuitenkin arkkitehdit ja rakennusten loppukäyttäjät olivat yksimielisesti tyytyväisiä Komplettiin. (Thuesen 2009, s. 61)

Herää kysymys, mitä NCC olisi voinut tehdä toisin, jotta NCC Komplett olisi ollut myös kannattavaa? NCC kehitti uudenlaisen lähestymistavan rakentamiseen tämän rakennussysteemin avulla, joka oli lähes kaikin puolin onnistunut, paitsi kustannusten osalta. NCC kehitti valmistusteknologian, joka oli teknisestä näkökulmasta erittäin onnistunut, mutta valmistuksen näkökulmasta ei vielä täysin loppuun asti mietitty. NCC nimenomaan halusi konseptiinsa paljon joustavuutta, koska ei halunnut palata takaisin 1960-1970-lukujen massatuotantoon kerrostaloissa. On hyvinkin mahdollista, että NCC Komplett epäonnistui juuri liiallisen joustavuuden takia kustannustehokkaassa toteutuksessa ensimmäisissä projekteissaan, joka sai johtoryhmän lopulta hylkäämään konseptin. (Thuesen 2009, s. 61-62)

Toisin sanoen NCC olisi voinut kehittää massakustomoidumman ratkaisun ja keskittyä pienempään kohderyhmään, jolloin variaatiota ei olisi ollut niin paljon. Tällä tavalla olisi ollut mahdollista päästä pidempään sarjatuotantoon, logistiikan parempaan hallintaan ja tätä kautta saavuttaa parempi suhde kustannusten ja asiakkaalle tuotetun arvon välillä. Tästä voidaan oppia se, että radikaali muutos ei välttämättä ole paras strategia etsiä uusia tapoja rakentaa, vaan se voi olla liian suuri riski. Gibb (2001, s. 311) toteaa myös, että maksimaalinen tuotteiden vakiointi ja korkea esivalmistaisuus ei ole välttämättä ainoa ratkaisu jokaiseen tilanteeseen. Ei pidä kuitenkaan väheksyä NCC Komplettin merkittävyyttä koko rakennusalaan ajatellen, jossa tämän kaltaisia kokeiluja ei tapahdu kovinkaan usein. (Thuesen 2009, s. 61-62)

2.5 Kylpyhuone-elementti valmisosana

Tässä alaluvussa esitellään kylpyhuone-elementtiin liittyvä perustietoa ja historiaa osana elementtirakentamista Suomessa. Alaluvuissa esitelty kylpyhuone-elementti pohjautuu Parmarine Oy:n valmistamaan kylpyhuone-elementtiin. Parmarine Oy on kohdeyritykselle tuttu toimija, joka toimittaa pääsääntöisesti kylpyhuone-elementit kaikkiin NCC:n kotimaan kohteisiin, joissa kylpyhuone-elementit on käytössä. Tämän lisäksi esitellään kylpyhuone-elementtien asennustekniikkaa ja niihin liittyviä suunnittelunäkökohtia. Kylpyhuone-elementit ja keittiön valmistilaelementit nähtiin eräässä tutkimuksessa parhaimpana kasvun mahdollisuutena valmisosarakentamisessa urakoitsijoiden

toimesta (Pan et al. 2008, s. 12). Myös rakentamisen aikataulun kannalta märkätiloilla on suuri merkitys (Rakennustieto 2004, s. 5).

2.5.1 Historia Suomessa osana betonielementtirakentamista

Suomessa betonielementtirakentaminen on käynnistynyt 1950-luvulla ja asuinrakentamiseen se on tullut osaksi 1950-luvun lopulla (Hytönen 2009, s. 38). 1960-luvun kerrostalotuotannossa pääpaino oli määrällisissä tavoitteissa. Tällöin tavoitteena oli saavuttaa sarjatuotannosta saatavat säästöt ja edut mahdollisimman pitkälle samanlaisilla esivalmisteisilla tuotteilla. Avainsanoja asuntotuotannossa tällöin olivat tehokkuus, teollinen sarjatuotanto, esivalmisteiset rakennusosat, moduulimitoitus ja standardointi. (Neuvonen 2006, s. 142-143)

Vuosina 1960-1975 yleisin runkotyyppi oli kirjahyllyrunko, joka oli osaelementtivalmisteinen. Tämä tarkoitti sitä, että kantavat väliseinät ja välipohjat valettiin paikalla, mutta julkisivuissa käytettiin elementtejä (Neuvonen 2006, s. 150). Tällä aikajaksolla käytettiin myös täyselementtivalmisteisia kirjahyllyrunkoja. Mainittakoon vielä 1960- ja 1970-luvun taitteessa kehitetty suomalainen betonielementtistandardi, eli BES-järjestelmä. BES-järjestelmän kirjahyllyrungossa päästiin pitkiin yli 10 metrin jänneväleihin esijännitettyjen välipohjarakenteiden avulla. (Neuvonen 2006, s. 150) Vuodesta 1975 vuoteen 2000 asti BES-kirjahyllyrunko oli yleisin kerrostalojen runkotyyppi (Neuvonen 2006, s. 214).

Vuonna 1963 kylpyhuone-elementti tuli suomeen, jolloin A-Elementti alkoi valmistaa niitä Skånska Cementgjuteriet AB:n mallin mukaan. Ruotsiin kylpyhuone-elementit tulivat jo 1950-luvulla. Kylpyhuone-elementit olivat tällöin betonirakenteisia ja ne asennettiin nostamalla niitä päällekkäin torniksi, jonka jälkeen ne valettiin kiinni välipohjarakenteisiin. (Hytönen 2006, s. 77-78) Tähän aikaan oli käytössä myös välipohjan varaan asennettavia betonisia kylpyhuone-elementtejä. Kylpyhuone-elementeissä liitokset pystylinjaan tehtiin usein seinälinjan kautta, koska niissä ei yleensä ollut lattiaviemäreitä. Jo tällöin elementteihin voitiin liittää tehtaalla vesijohdot, viemärit, ilmanvaihtokanavat ja sähköt, jolloin työmaalle jäi jäljelle pelkkä kytkentä. Kylpyhuone-elementtien lisäksi Suomessa valmistettiin raskaita usean tonnin painoisia betonisia wc-elementtejä vuosina 1963-1964 (Neuvonen 2006, s. 182-183).

Kylpyhuone-elementtien Suomeen tulon aikaan Armas Puolimatka päätti rakentaa Forssaan elementtitehtaan, joka oli nimeltään Rakennusvalmiste Oy. Ajatuksena oli tällöin, että asiakas voisi saada kaiken tarvitsemansa yhdestä paikasta (Hytönen 2009, s. 78). Lisäksi tehtaan sijainti oli hyvä logistiikkaa ajatellen, koska Forssa sijaitsee pääkaupunkiseudun läheisyydessä. Tehdas pyrki alusta alkaen valmistamaan kaikkia asuinrakentamisessa tarvittavia elementtejä, joka oli ainakin tuohon aikaan ainutlaatuista Pohjois-Suomessa. Sama tehdas toimitti tällöin omakotitaloihin ”sydänelementtejä”, jotka olivat valmiita tilaelementtejä sisältäen wc:n, lämmönjakohuoneen ja pesuhuoneen (Hytönen

2009, s. 78). 1970-luvulle tultaessa alettiin valmistaa kevytrakenteisia kylpyhuone-elementtejä, joita kutsuttiin peltikylppäreiksi (Neuvonen 2006, s. 231).

2.5.2 Ominaisuudet

Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementti on tyyppihyväksytty ja sertifioitu tuotekokonaisuuksisuus, joka sisältää kylpyhuoneen osalta valmista sisätilaa. Lisäksi kylpyhuone-elementtiin on integroitu taloon liitettävä tarvittava talotekniikka. Kokonaisvastuu kylpyhuone-elementistä on toimittajalla. Kylpyhuone-elementeissä voi olla talotekniikanousu, eli pystyhormi. Pohjalaatta valmistetaan kylpyhuone-elementtiin teräsbetonista. Seinä- ja kattorakenteena on sinkitty ja pohjamaalattu teräsohutlevy. (Rakennustieto 2013) Periaatekuva kylpyhuone-elementistä on esitetty kuvassa 2.20.



Kuva 2.20. Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementti (Rakennustieto 2013).

Parmarine Oy:n tehtaalla kylpyhuone-elementin kaikki osat tehdään mahdollisimman valmiiksi ennen kokoonpanoa. Esivalmistettavia osia ovat muun muassa pohjalaatta, seinät ja katto. Näihin integroidaan talotekniikka mahdollisimman valmiiksi ennen kokoonpanoa. Kun kaikki osat ovat valmiita, ne kasataan yhteen ja tehdään tarvittavat liitokset ja viimeistelytyöt. Kuvassa 2.21. on esitetty kylpyhuone-elementin kokoonpanoa Parmarine Oy:n tehtaalla.



Kuva 2.21. Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementin kokoonpanoa.

2.5.3 Asentaminen

Tämä kappale pohjautuu Talo-Ratu-ohjekorttiin: Ratu 0395-Tilaelementtityö. Kylpyhuone-elementin asentamisen kannalta käsitellään työn kannalta olennaiseksi nähdyt asiat. Kappaleessa on hyödynnetty myös tutkimuksen haastattelujen ja RT-38436-Parma kylpyhuoneet-kortin tietoja. Asennustyön vaiheisiin kuuluvat Ratu-ohjekortin mukaisesti: aloittavat työt, kylpyhuone-elementin asennus ja lopettavat työt. Tämän lisäksi suoritetaan ylläpitäviä töitä, kuten työnaikaista siivousta ja suojausta. Suurimmalta osin tämä kappale nojautuu kylpyhuone-elementin asennusosioon. Tarkemman asennuskuvauksen voi lukea tarvittaessa Ratu 0395-ohjekortista.

Olosuhteet

Työmaalla tulee huolehtia, että vallitsevat olosuhteet ovat sellaiset, että ne mahdollistavat työssä halutun laatutason saavuttamisen. Kylpyhuone-elementtien asennusta ei saa suorittaa mikäli tuulen voimakkuus on yli 15 m/s. Kulkutiet, telineet, tikkaat, elementit ja asennuspalat voivat olla lumen ja jään vaikutuksesta liukkaita. (Rakennustieto 2012, s. 6)

Vastaanotto ja varastointi työmaalla

Kylpyhuone-elementit asennetaan suoraan paikalleen kuormasta tai vaihtoehtoisesti puretaan välivarastointipaikalle. Varastointipaikan pohjan tulee olla kova, kantava ja

vaakasuora. Painuminen estetään käyttämällä esimerkiksi aluslevyjä ja aluspuita. (Rakennustieto 2012, s. 6)

Paikoilleen mittaus ja alustan tasaus

Kylpyhuone-elementtien asennuspaikat mitataan paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai-pisteistä takymetrin, teodoliitin tai mitan avulla. Asennuslinjat ja paikat tulee olla merkitty niin, että ne ovat näkyvissä asennustyön edetessä. Elementin korkeusasema mitataan vaaituskojeella tai tasolaserin ja mitan avulla. (Rakennustieto 2012, s. 7)

Pohja tasataan asennuspaloilla moduulien valmistajan tai rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan (Rakennustieto 2012, s. 7). Asennuspalat ovat kumisia ja joustavia, jolloin ehkäistään kylpyhuoneen käytöstä aiheutuvia rakennuksen runkoa pitkin eteneviä ääniä (Rakennustieto 2013, s. 7). Alusta puhdistetaan liasta, vedestä, jäältä ja muista epäpuhtauksista ennen kuin kylpyhuone-elementtien asentaminen aloitetaan. Tarvittaessa alustaa voidaan piikata tasaisemmaksi. (Rakennustieto 2012, s. 7)

Kylpyhuone-elementin asennus ja tuenta

Kylpyhuone-elementin nosto suoritetaan erillisistä nostolenkeistä, jotka on asennettu yleensä moduulin kulmiin. Nostorakseissa tulee olla lukkiutuvat kiinnitysloukut. Lisäksi nostolaitteissa ja apuvälineissä tulee olla merkinnät suurimmasta kuormasta. (Rakennustieto 2012, s. 7) Kylpyhuone-elementit voidaan nostaa joko päältä asennettuna runkovaiheen yhteydessä tai sivulta päin asennettuna ennen julkisivun asentamista (Rakennustieto 2013, s. 7)

Kylpyhuoneet nostetaan suunnitellussa asennusjärjestyksessä. Asennustyön aikana estetään liikkuminen nostoreittien alla ja tehdään nostot vapaata aluetta hyväksikäyttäen. Nosturinkuljettajalla ja asennusryhmällä tulee olla näkö- tai radiopuhelinyhteys. Ohjaus nostoille tapahtuu käsimerkein, jotka on tunnettava sekä asennusryhmän että kuljettajan kesken. Täytyy myös varmistaa, että nostokoukut ovat lukkiutuneessa asennossa ja seurataan, etteivät ketjut tai liinat pääse kiertymään. Kylpyhuone-elementtejä nostettaessa käytetään tarvittaessa ohjausköyttä. Valjastyypistä putoamissuojausta on ehdotonta käyttää, jos kaiteita ei ole vielä asennettu. (Rakennustieto 2012, s. 7)

Kylpyhuone-elementti asennetaan kylpyhuonelaatan päälle, josta käytetään myös nimitystä kololaatta. Noston loppuvaiheessa moduulia ohjataan asennuskankien avulla. Paine siirretään asennuspalojen varaan, mutta nostorakseja ei irroteta. Tämän jälkeen varmistetaan, että päällekkäiset kylpyhuone-elementit on kohdistettu tarkasti, jotta liitostyöt on helppo tehdä. Toinen varmistettava asia on kylpyhuone-elementin kynnyskorkeus valmiista lattiapinnasta, jonka osalta täytyy varmistaa viranomais määräysten täyttyminen. Lisäksi tässä vaiheessa tarkistetaan kylpyhuone-elementin pystysuoruus pitkällä vesivaa’alla tai teodoliitilla. Jos kylpyhuone-elementti ei ole suoruuden ja sijainnin osalta vaatimusten mukainen, nostetaan kylpyhuone-elementti pois ja säädetään

korkeutta asennuspalojen avulla uudelleen. Kylpyhuone-elementti nostetaan sivuun asennuspaikalta, jotta asennuspalojen uudelleen laittamista ei suoriteta elementin alla. (Rakennustieto 2012, s. 7-8) Kylpyhuone-elementti on suojattu muovilla, joka leikataan osuudelta, joka tulee kantavaa seinää vasten. Tämän jälkeen suoja jää kantavan seinän osalta avonaiseksi ja sen tiivistäminen pitäisi suorittaa esimerkiksi teippaamalla. Nostoraksit irrotetaan tukevaa työtasoa käyttäen. Irrotettaessa nostoraksien vaijeri on pidettävä riittävän kireällä, jotta se ei aiheuta vahinkoa alapuolisille rakenteille tai asentajille. Samalla voidaan irrottaa elementtien nostokoukut tarvittaessa. (Rakennustieto 2012, s. 8)

Kylpyhuone-elementti asennetaan vähintään 100 mm valmista lattiapintaa alemmalle tasolle huomioiden lattian pintarakenteet. Sivusuuntaan nähden välipohjarakenteessa olevan tilavarauksen on suotavaa olla vähintään 300 mm suurempi kuin märkätilan ulkomitat. Tällä pyritään varmistamaan sitä, että lattiarakenteen reunalta ylös nousevat liitokset esimerkiksi keittiön viemäriille ovat helposti liitettävissä. (Rakennustieto 2004, s. 6)

Putki- ja sähköliitokset voidaan suorittaa tämän jälkeen ja tarvittava paloeristys asennetaan putkien ympärille. Tämän jälkeen voidaan tehdä myös tarvittavat valumuotit ja tarkistaa, että ne ovat kestäviä eivätkä vuoda. Myös raudoitus asennetaan, mikäli sellaiselle on tarve. Viemäriputket jäävät siis valun sisään liitoksien kohdalta. (Rakennustieto 2012, s. 8)

Saumavalu tehdään rakennesuunnitelmien mukaisella betonilla, joka levitetään pumpaamalla. Samalla on huolehdittava betonin tiivistymisestä täryttimen avulla. Saumojen liian nopeaa kuivumista estetään saumojen peittämisellä esimerkiksi muovin avulla. Saumojen valuja kastellaan vedellä, jotta betoni kovettuu suunnitelmien mukaisesti ja liiallista kutistumista ei tapahdu. (Rakennustieto 2012, s. 8)

Talvella tulee huolehtia siitä, että moduulien liitoskohdat ovat puhtaat lumesta ja jäädästä. Saumavaluissa käytettävä betonin lujuusluokka valitaan myös suunnitelmia vaadittavaa luokkaa korkeammaksi. Betonimassan lämpötilan tulee olla yli +5 °C. Normaali betoni lämmitetään ja muutoin käytetään joko pakkas- tai kuumabetonia. Liitoskohdan suojaukseen käytetään eristysmattoa kovettumisen varmistukseen ja jäätymisen estoon. (Rakennustieto 2012, s. 9)

Saumajuotosten lämmittämiseen käytetään vaihtoehtoisesti lanka- tai säteilylämmityskalustoa. Lujuudenkehityksen seuraukseen käytetään lämpötilamittareita tai muuta vastaavaa luotettavaa menetelmää. Saumajuotoksen tulee saavuttaa 5 MN/m² jäätymislujuus ennen jäätymistä. (Rakennustieto 2012, s. 9)

Suojaaminen on tärkeässä roolissa kylpyhuone-elementtien ollessa työmaalla. Esimerkiksi lumen sataessa, on tärkeää poistaa lumi elementin päältä ennen ontelolaatan asen-

nusta. Myös kylpyhuone-elementin alla oleva vesi on imuroitava pois (Koivu, haastattelu 2015).

2.5.4 Kylpyhuone-elementteihin liittyviä suunnittelunäkökohtia

Kylpyhuone-elementtien käyttämisestä on tärkeää päättää jo projektin alkuvaiheessa projektisuunnitelmassa. Myöhemmin tehtävä muutos, esimerkiksi perinteisten kylpyhuoneiden vaihtaminen kylpyhuone-elementtien käyttöön, ei ole järkevää. (Koivu, haastattelu 2015; Lehtinen, haastattelu 2016). Suunnittelua varten kylpyhuone-elementtitoimittaja antaa tarvittaessa valmistilaan liittyviä suunnitteluohjeita ja rakennepiirustuksia sekä kohdekohtaisia märkätilapiirustuksia. Urakkarajojen varmistamiseksi, kylpyhuone-elementin toimittaja antaa märkätilaelementtityöselostuksen urakkarajoinen ja varusteluetteloineen liitettäväksi suunnitteluasiakirjoihin. (Rakennustieto 2013, s. 6)

LVI-tekniikka on asuinrakennuksissa usein pystynousuihin keskitetty. Nousu tapahtuu samassa linjassa päällekkäisten asuntojen läpi. Vaakavedot tehdään huoneistokohtaisesti joko alapohjarakenteiden alla tai kellaritiloissa. Etuna on se, että asuntoihin ei tule paljoa melua LVI-tekniikasta johtuen, mutta märkätilat on oltava asunnoissa tällöin päällekkäin, joka vaikuttaa asutuspohjien suunnitteluun. Jos taas märkätiloja ei asenneta päällekkäin, joudutaan miettimään tavanomaista monimutkaisempia äänitekniisiä ratkaisuja. (Rakennustieto 2004, s. 6)

Suurimpaan osaan nykyään käytetyistä kylpyhuone-elementeistä on integroitu mukaan nousuviemärit. Tästä huolimatta ongelmana on usein se, saadaanko WC-istuin riittävän lähelle tätä ja vesilukkokaivo linjaan riittävän lähelle. (Koivu, haastattelu 2015)

Talotekniikkatilan sijainnin valinnassa täytyy huomioida äänitekniikka, huollettavuus ja vaihdettavuus sekä mahdollinen vuotoveden ilmaisu. Talotekniikkanaousutilat pyritään sijoittamaan päällekkäin kerroksittain. Osastoiva välipohja voi antaa mahdollisuuden kuljettaa jätevesiviemäriputkia myös välipohjarakenteessa. Pystyhormin putkistot tulee ääni- ja paloeristää sekä hormitila levyttää voimassa olevien rakennemääräysten mukaisesti. (Rakennustieto 2013, s. 6) Haastatteluissa tulikin ilmi se, että pystyhormissa kulkevat vesijohdot on oltava määräysten mukaan helposti vaihdettavissa. Esimerkiksi välitilalaatoituksen takana ne eivät ole tätä, mutta hormin ollessa keittiötä vasten, vesijohdojen ollessa jääkaapin takana ne voivat olla helposti tavoitettavissa. Tämä määräys on hieman tulkinnanvarainen. (Koivu, haastattelu 2015)

Kylpyhuone-elementtien rajoituksena ovat olleet usein viemärit ja niihin liittyvät kaato-ongelmat. Riittävän kaadon saaminen viemäreihin on paikoin haastavaa suunnittelussa. (Koivu, haastattelu 2015) Asuinkerrostalojen vähimmäiskerroskorkeus on 3000 mm (Rakennustieto 2004, s. 2). Tämä omalta osaltaan tuo haasteita riittävien kaatojen saamiseen. Tämän lisäksi kololaatan varaus ei ole aina välttämättä riittävä, jolloin joutu-

taan tekemään lisävarauksia. Tämä riippuu osittain myös ontelokentistä, saako niihin jo tehtaalla lisävarauksen, vai joudutaanko työmaalla piikkaamaan kololaattoja lisävarauksen aikaan saamiseksi. Kololaatoissa olevat toleranssit ovat myös usein isoja, jolloin kynnyskorkeus voi nousta liian korkeaksi, kun joudutaan nostamaan kylpyhuoneelementtejä lisävarauksen saavuttamiseksi. Myös kylpyhuone-elementin suuri koko voi vaikuttaa viemärikaatoihin. Tähän kuitenkin vaikuttaa suihkun, wc-istuimen ja nousuviemärin asemointi. Jos nämä asiat on sijoitettu oikealla tavalla, ei pitäisi kaatoongelmaa syntyä enempää kuin pienemmilläkään kylpyhuone-elementeillä. Kylpyhuone-elementeissä käytetään kahta kaivoa sekä viemärikaatojen, että tukkeutumisriskin vuoksi. (Koivu, haastattelu 2015)

Aiemmin toteutetuissa kohdeyrityksen kohteissa ongelma on ollut se, että vaikka arkkitehti olisi suunnitellut kohteeseen vain kahta eri kylpyhuone-elementtityyppiä, voi talotekniikan yhteensovittamisessa näiden kanssa tulla haasteita. Tämän seurauksena ratkaisuja on jouduttu miettimään uudelleen ja tekemään uuden tyyppisiä kylpyhuoneelementtityyppejä. Talotekniikan vakiointi olisi siis tärkeä osa kylpyhuone-elementtien suunnittelua ja sen avulla pystytään saavuttamaan kustannussäästöjä. Myös kylpyhuone-elementin valmistaja joutuu tekemään tuotantosuunnitelman jokaisesta kylpyhuonetyypistä, jolloin olisi tärkeää, että ratkaisuja olisi mahdollisimman vähän. (Koivu, haastattelu 2015)

Kylpyhuone-elementtien käyttökohteilla ei ole paljoa rajoituksia, mutta vähäisten asukasmuutosten takia, ne soveltuvat vuokrakohteisiin hyvin. Tällöin tehdas pääsee tekemään pidempää sarjatuotantoa ja tehokkaalla tuotannolla. Aivan kalleimmissa ja hienoimmissa kohdeyrityksen kohteissa kylpyhuone-elementtejä ei ole käytetty. (Koivu, haastattelu 2015)

Asukasmuutokset ovat haasteena kylpyhuone-elementtien käyttämisessä, koska asukasmuutokset pitäisi tietää jo varhaisessa vaiheessa projektia, jotta moduulien toimittaja ehtisi valmistamaan moduulit. Teräsohutlevykasetin osalta huomioitavaa on, että taustalle täytyy asentaa vanerivahvikkeet, joihin pystytään kiinnittämään märkätilan sisällä olevia kalusteita. (Koivu, haastattelu 2015)

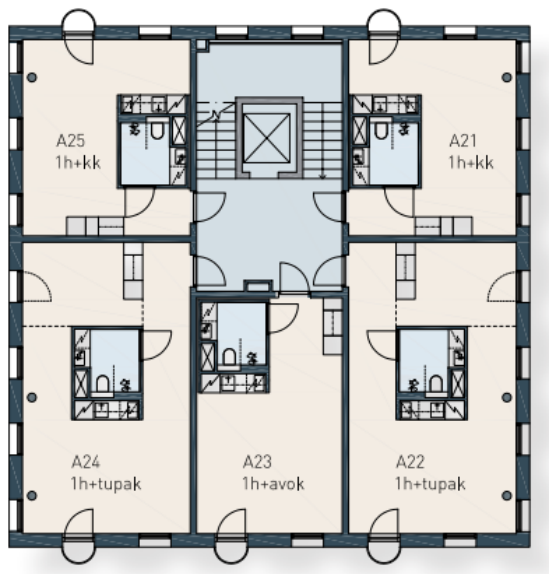
2.6 Markkinoilla olevia tilatekniikkamoduulia vastaavia tuotteita

2.6.1 Kotimaa

Tehdyn tutkimuksen perusteella Suomesta löytyi yksi rakennusalan toimija, joka käyttää tilatekniikkamoduuleja vastaavia tuotteita asuntotuotannossaan. Kohdeyrityksestäkään ei löytynyt enempää tietoa muista toimijoista. Päätoimija Oyj-konserni on perustettu vuonna 2008 (Päätoimija 2015). Päätoimija-konserniin kuuluu nykyään useita eri

toimijoita, joita ovat muun muassa Rakennusliike Lehto Oy ja Rakennuskartio Oy. Helmikuusta 2016 lähtien Päätoimija-konserni on ollut Lehto Group Oyj.

Rakennusliike Lehto Oy rakentaa Merijärvellä tehdasolosuhteissa suurmoduuleita ja kutsuu niitä tekniikkastudioiksi. Tekniikkastudiossa hyödynnetään samaa ideaa, kuin tilatekniikkamoduulissa, mutta asennustekniikka on erilainen. Tekniikkastudiot asennetaan kaikkien kerrosten valmistuttua päällekkäin, kun taas tilatekniikkamoduulit olisi tarkoitus asentaa kerroksittain. Tekniikkastudio sisältää keittiön kodinkoneineen ja kylpyhuoneen kalusteineen. Lisäksi tekniikkastudioon integroidaan tarvittava talotekniikka. Tekniikkastudio toimii siis yksikkönä, johon on keskitetty kaikki kodin keskeiset toiminnot ja talotekniikka. Tekniikkastudioiden avulla yritys pyrkii saavuttamaan laadukkaita ja toimivia asuntoja edulliseen hintaan helpottaakseen yhä kasvavaa asuntopuutaa (Rakennuskartio). Kuvassa 2.22. on esitetty pohjakuva kohteesta Asunto Oy Vantaan Merkki, jossa tekniikkastudioita on käytetty.



Kuva 2.22. Asunto Oy Vantaan Merkin 5. kerroksen pohjapiirustus (Rakennuskartio, 2012).

Pohjakuvasta voidaan nähdä, kuinka asuntojen kaikki tekniikkastudiot ovat periaatteeltaan samanlaisia. Kuvassa 2.23. on esitetty kuva tekniikkastudiosta samassa kohteessa.



Kuva 2.23. *Asunto Oy Vantaan Merkissä käytetään tekniikkastudiota suurmoduulina (Rakennuskartio 2013).*

Rakennuskartio mainostaa tekniikkastudiota keittiön ja kylpyhuoneen osalta kompaktiksi ja toimivaksi (Rakennuskartio 2012). Moduuli sisältää toiminnallisia elementtejä ja esimerkkinä tästä on yhdellä sivulla olevat siirrettävät hyllyt. Toinen ratkaisu, joka ei ole tullut aiemmin vastaan on moduulista lähtevät kiskot, jotka mahdollistavat valaisimien liikuteltavuuden asunnossa. Tämä mahdollistaa sen, ettei tarvitse käyttää kaapeleita, suojaputkia ja rasiakansia sähköjen kattoon saamiseen asunnossa.

2.6.2 Ulkomaat

Ulkomailta löytyi tiedonhaussa muutamia toimijoita, jotka valmistavat tilatekniikkamoduulin kaltaisia tuotteita. Haastattelun perusteella NCC:n hankintaan on tullut keittiön kaapistoon liittäminen osaksi kylpyhuone-elementtiä ehdotuksena melko usein vastaan (Koivu, haastattelu 2015). Ensimmäisen kerran tämä oli tullut haastateltavalle vuonna 2013, kun Italialainen kylpyhuone-elementtitoimittaja esitteli idean heille. Yrityksessä heräsi innostus ajatuksesta, mutta se, kuinka tällaisen moduulin käyttäminen Suomessa olisi mahdollista, ei ollut selvää.

Eräs Euroopassa toimiva yritys, joka valmistaa tilatekniikkamoduulin kaltaisia tuotteita on Eurocomponents Italiasta. Moduuli voidaan valmistaa betonista tai galvanoidusta teräksestä. Bathsystem valmistaa Italiassa kylpyhuone-elementtejä, joissa keittiö on integroituna. Nämä voivat olla Eurocomponentsin tavoin betonisia tai teräskehikkoisia. Myös Virolainen Modulbad valmistaa samankaltaisia tuotteita. Kuvassa 2.24. on esitetty vasemmalla Eurocomponentsin suurmoduuli ja oikealla Bathsystemin moduuli.



Kuva 2.24. Eräitä Eurooppalaisten valmistajien suurmoduuleja. Vasemmalla Eurocomponentsin suurmoduuli Italiasta (Eurocomponents 2016). Oikealla Bathsystemin suurmoduuli (Bathsystem 2016).

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa esitetään tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät. Luvun alussa kerrotaan lyhyesti yleisellä tasolla, millaisiin erilaisiin tutkimusmenetelmiin tutkimustyyppit voidaan jakaa.

Tutkimus on luonteeltaan konstruktiiivisen tutkimusotteen mukainen. Menetelmällisesti tutkimuksessa hyödynnettiin erästä tuotekehitysmallia, jonka mukaisesti myös moduulin tuotekehitysprosessia on pyritty kuvaamaan. Toinen alaluku käsittelee konstruktiiivista tutkimusotetta ja kolmannessa alaluvussa on esitetty tutkimuksessa sovellettava tuotekehitysmalli.

Neljännessä alaluvussa on esitetty työssä käytettävät aineistonkeruun menetelmät. Viides alaluku käsittelee aineiston analysointia, tässä tapauksessa lähinnä haastattelujen osalta.

3.1 Tutkimustyyppit

Tutkimustyyppit voidaan jakaa sekä kvalitatiivisiin että kvantitatiivisiin tutkimusmenetelmiin. Lisäksi kolmantena tutkimustyyppinä on usein esitetty tapaustutkimus, joka voidaan toteuttaa hyödyntäen sekä kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. (Hirsjärvi et al. 1997, s. 191).

Eri tutkimustyypeillä on kuitenkin yhteisiä piirteitä, vaikka ne eroavatkin toisistaan tarkastelukohteidensa perusteella. Yhteistä tutkimustyypeillä usein on samojen aineistonkeruumenetelmien käyttö, joita ovat muun muassa kysely, haastattelu, havainnointi ja dokumenttien käyttö (Hirsjärvi et al. 1997, s. 191-192).

Työssäni hyödynsin kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä osana konstruktiiivista tutkimusotetta. Kehitettävän moduulin kannalta laadulliset tutkimusmenetelmät soveltuivat hyvin kohdeyrityksen tavoitteiden selvittämiseen.

3.2 Konstruktiiivinen tutkimusote

Konstruktiiivista tutkimusotetta voidaan pitää tapaustutkimuksen lajina ja tässä tutkimuksessa on sovellettu konstruktiiivista tutkimusotetta. Konstruktiiivisella tutkimusotteella pyritään tuottamaan innovatiivinen konstruktio. Tällä tavalla pyritään saamaan kontribuutiota sitä soveltavalle tieteenalalle (Metodix 2016). Oleellinen osa tieteellisestä

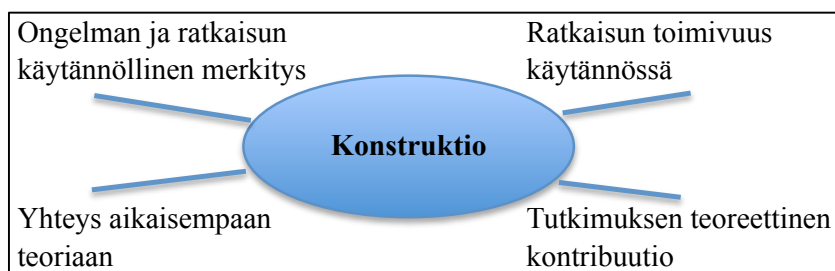
konstruktiivisesta tutkimuksesta on sen kytkeytyminen aikaisempaan teoriaan, kirjallisuuteen ja tutkimuksiin valitusta aiheesta (Virtanen 2006, s. 47). Tämän lisäksi on oleellista osoittaa ratkaisun uutuus ja toimivuus. Konstruktiivisessa tutkimuksessa tutkijan tehtävänä on rakentaa yritykselle teoriaan pohjautuva ratkaisu, jonka toimivuus todetaan käytännössä (Virtanen 2006, s. 47, Kasanen et al. 1991 mukaan). Konstruktiivisen tutkimusotteen ydinpiirteitä ovat:

- keskittyminen tosielämän ongelmiin, jotka koetaan käytännössä tarpeellisiksi ratkaista
- tuottaa innovatiivisen konstruktion, joka on tarkoitettu ratkaisemaan alkuperäinen tosielämän ongelma, - sisältää kehitetyn konstruktion toteuttamisyrityksen, jolla testataan sen käytäntöön soveltuvuutta
- merkitsee tutkijan ja käytännön edustajien hyvin läheistä tiimimäistä yhteistyötä, jossa odotetaan tapahtuvan kokemuksellista oppimista
- on huolellisesti kytketty olemassa olevaan teoreettiseen tietämykseen ja
- kiinnittää huomiota empiiristen löydösten reflektointiin takaisin teoriaan (Metodix 2016, Lukka 2000 mukaan).

Konstruktiivista tutkimusotetta käytetään yrityksessä tunnistettujen ongelmien ratkaisuun yhdessä yrityksen edustajien kanssa. Konstruktiivinen tutkimus voi sisältää sekä kvantitatiivisia, että kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Esimerkkejä näistä konstruktiivisessa tutkimuksessa voivat olla muun muassa: havainnot, haastattelut, kirjallisten dokumenttien kerääminen, osallistuminen kokouksiin ja muu osallistuminen yrityksen päivittäisiin toimintaan. Eli osallistuminen on tiivistä ja käytännönläheistä, mutta kuitenkin samalla tutkijan tehtävänä on tuoda yritykseen tieteellistä teoriaa, jotta tutkimuksen tavoitteisiin voidaan päästä. (Virtanen 2006, s. 47, Lukka 1999 mukaan)

Luovuus ja innovatiivisuus ovat suuressa roolissa konstruktiivisessa tutkimusotteessa. Tämä tutkimusmenetelmä vaatii ymmärrystä yrityksen organisaatiosta ja toimintatavoista, jotta käyttökelpoinen ratkaisu voidaan räätälöidä yrityksen käyttöön. (Virtanen 2006, s. 48).

Konstruktiivisessa tutkimuksessa raportoinnin painopiste on kehitetyn ratkaisun esittelyssä, ratkaisun teoriakytkentöjen näyttämisessä, uutuusarvon esittelyssä ja yleistettävyyden toteutamisessa. (Virtanen 2006, s. 48, Kurunmäki 1994 mukaan). Konstruktiivisessa tutkimuksessa pyritään kehittämään yksi pätevä ratkaisu. Kuvassa 3.1. on esitetty Metodix 2016, Lukan (2000) mukaiset konstruktiivisen tutkimusotteen keskeiset osat.



Kuva 3.1. Konstruktiivisen tutkimusotteen keskeiset osat (Metodix 2016, Lukka 2000 mukaan).

Konstruktiivisessa tutkimuksessa yritys voi saada tutkijalta uutta teoreettista ajattelutapaa ja näkemyksiä aiheeseen liittyen. Tutkija voi tarvittaessa sitoutua pidemmäksi aikaa yritykseen, esimerkiksi varmistamaan että tutkimuksen ratkaisu siirretään käytäntöön. (Virtanen, 2006, s. 49, Lukka et al. 1991 mukaan). Konstruktiivisen tutkimusotteen yleiset vaiheet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Konstruktiivisen tutkimusotteen vaiheet (muokattu lähteistä: Virtanen 2006, Kasanen et al. 1991 mukaan; Metodix 2016).

Vaihe 1	Ensimmäisessä vaiheessa etsitään relevantti ongelma, joka löytyy yrityksessä usein keskustelujen perusteella.
Vaihe 2	Tämän jälkeen hankitaan aiheeseen esiyymärrys, joka syntyy muun muassa perehtymällä aikaisempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen.
Vaihe 3	Innovaatiovaiheessa innovoidaan ratkaisumalli ja kehitetään konstruktio. Tämä on tutkimuksen kannalta tärkein vaihe. Jos tässä uutta ratkaisumallia ei löydy, ei konstruktioita voi luoda. Innovaatiovaihe suoritetaan tiiviissä yhteistyössä yrityksen edustajien kanssa.
Vaihe 4	Toteutetaan ja testataan ratkaisun toimivuus.
Vaihe 5	Osoitetaan yhteys ratkaisussa käytettyihin teorioihin ja näytetään ratkaisun tieteellinen uutuusarvo.
Vaihe 6	Ratkaisun soveltamisalueen laajuus tarkastellaan tutkimuksessa. Eräs konstruktion ominaisuus on sen mahdollisuus soveltaa kehitettyä ratkaisua vastaavanlaisiin ongelmiin muissa yrityksissä.

Tutkimuksessa kehitettävän moduulin toimivuutta ei voida testata todellisessa kohteessa, koska tämä ei työn aikataulun ja rajauksen vuoksi ole mahdollista. Moduulin toimivuutta voidaan kuitenkin arvioida. Taulukon 3 mukaiset muut vaiheet voidaan kuitenkin toteuttaa.

Konstruktiivisessa tutkimuksessa on tärkeää, että sekä kohdeyritys että tutkija ovat sitoutuneita kehitysprojektiin (Metodix 2016). Tässä tutkimuksessa nämä asiat toteutuivat erinomaisen hyvin ja kohdeyrityksellä oli todellinen halu olla mukana projektissa aktiivisesti.

3.3 Tuotekehitysprojektin periaate

Tuotekehityksellä tarkoitetaan toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää joko uusi tai parannettu tuote. Jokisen (2010) mukaisesti tuotekehitysprosessi voidaan jakaa neljään

toimintavaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Alla olevat tuotekehityshankkeen vaiheet on esitetty Jokisen (2010) tuotekehitysprojektimallin mukaisesti.

Tuotekehitysprojehtin käynnistyminen edellyttää kahta asiaa. Yksi niistä on se, että on olemassa tarve uudelle tai kehitettävälle tuotteelle. Toinen on mielikuva siitä, miten se voidaan toteuttaa. Pelkkä tarve ei siis vielä itsessään ole riittävä, koska on hankala aloittaa tuotteen kehitystä ilman mielikuvaa toteutuksesta (Jokinen 2010, s. 17). Ensimmäinen vaihe tuotekehitysprojehtissa on käynnistämisen vaihe. Käynnistämisen vaihe päättyy joko kehitysehdotukseen tai hylkäykseen ja tästä päättää yritys. Käynnistämisen vaiheessa selvittettäviä asioita ovat uuden tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkymät, saatavat tuotot sekä myös työterveydelliset ja ympäristönsuojelulliset kysymykset. (Jokinen 2010, s. 14)

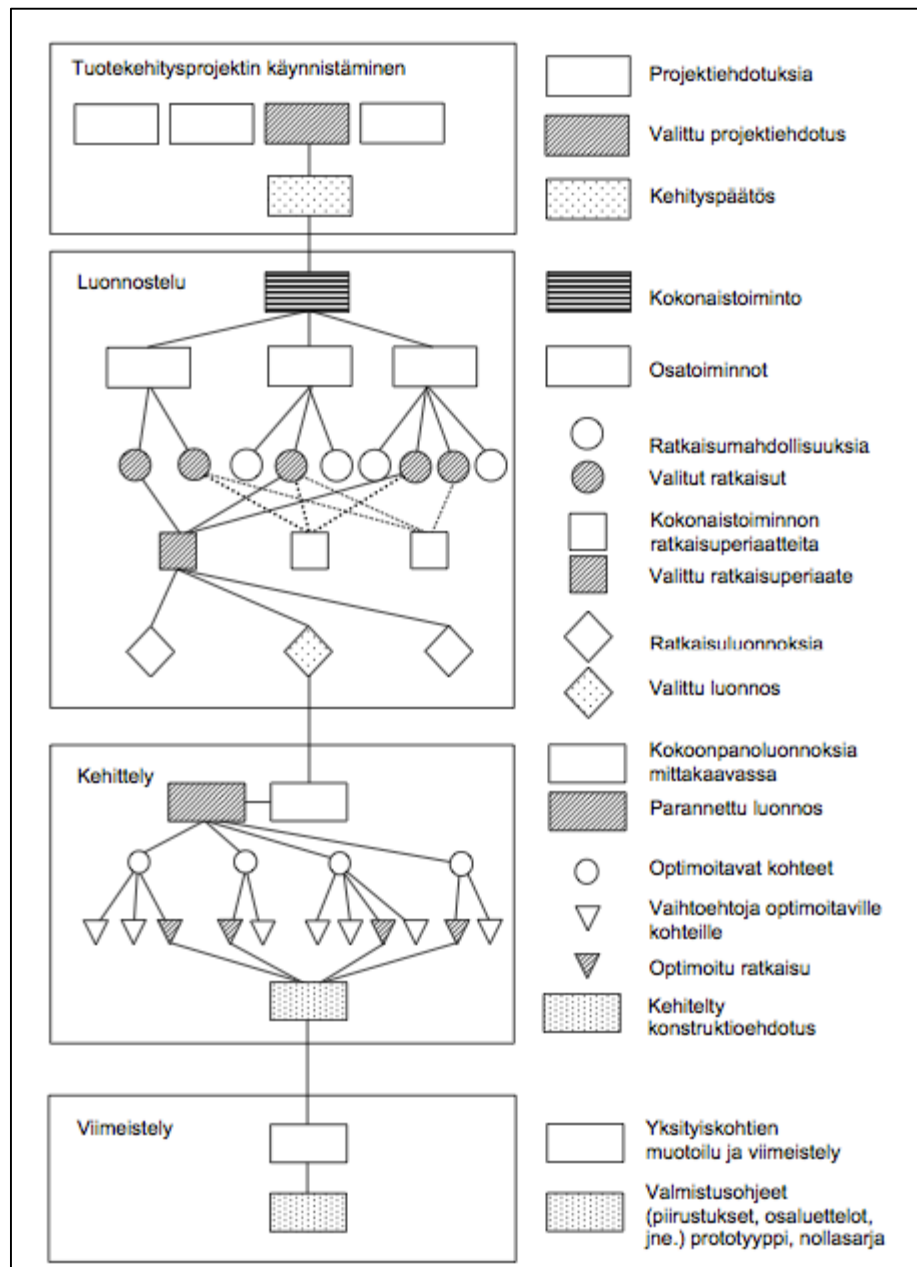
Seuraavaksi on vuorossa tuotteen luonnosteluvaihe, jossa tuotekehitystä voivat suorittaa eri henkilöt, jotka olivat käynnistämisen vaiheessa. Tämän takia luonnostelu alkaa tehtävän analysoinnilla alusta. Kehityspäätökseen pohjautuen laaditaan uudelle tuotteelle vaadittavat ominaisuudet ja tavoitteet. Tässä vaiheessa voi tulla uusia asioita ilmi, joita ei huomioitu hankkeen alkuvaiheessa. Tällöin on syytä keskustella kehityspäätöksen tekijöiden kanssa, ennen lopullisen tuotteen ominaisuuksien sisältävän vaatimuslistan laadintaa. (Jokinen 2010, s. 14)

Tämän jälkeen jatketaan erilaisten ratkaisumahdollisuuksien etsimistä. Tässä vaiheessa on hyvä aloittaa tehtävän yleistämisestä, jolla pyritään irtautumaan varsinaisesta työtehtävästä. Tämä mahdollistaa sen, että päästään irti mahdollisista ennakolta työn alkuvaiheessa syntyneistä käsityksistä. Yleistämisen vaiheessa koitetaan selvittää myös tehtävän olennaiset ongelmat ja kokonaistoiminto. Tätä seuraavassa vaiheessa kokonaistoiminto jaetaan osatoimintoihin. Tätä kautta etsitään erilaisten ideointimenetelmien avulla ratkaisumahdollisuuksia. (Jokinen 2010, s. 14-15)

Teknis-taloudelliset näkökohdat huomioiden, valitaan osatoimintojen ratkaisuihin parhaat. Näitä taas yhdistellään ja etsitään kokonaistoiminnon ratkaisuperiaatteita. Vaihtoehtoiset ratkaisut arvostellaan vaatimus- ja ominaisuuslistan perusteella. Yksi tai mahdollisesti useampi ratkaisuperiaate kehitetään konkreettiseksi luonnoksi, jolloin ne voidaan arvioida teknis-taloudellisin perustein riittävän hyvin. Tuloksena on ratkaisuluonnos tai useampi sellainen. Näistä voidaan usein toteuttaa taloudellisista syistä vain yksi. (Jokinen 2010, s. 15)

Seuraavana on tuotteen kehittelyvaihe. Se alkaa ratkaisuluonnoksen laatimisella tietyssä mittakaavassa. Tässä vaiheessa huomataan usein teknisesti ja taloudellisesti heikkoja ratkaisuja, joita poistetaan ideoimalla. Tuotteelle voidaan suorittaa optimointia, jolla pyritään saavuttamaan tuotteelle parhaat mahdolliset ominaisuudet teknis-taloudelliselta näkökannalta. (Jokinen 2010, s. 15)

Lopulta pitäisi saada kaikki asetetut vaatimukset täyttävä konstruktio. Tällöin kehitysvaihe on ohi ja saadaan tulokseksi konstruktioehdotus. Tämä on kriittinen vaihe, sillä jos asetettuja vaatimuksia ei pystytä toteuttamaan riittävän hyvin, on kehitystyö aloitettava uudelleen alusta. Tällöin myöskään lähtökohtana ei voi olla samanlainen luonnos, kuin aiemmassa konstruktioehdotuksessa käytetty. (Jokinen 2010, s. 15) Tuotekehitysprojektin kaikki toimintavaiheet on havainnollistettu kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 2010, s.16).

3.4 Aineistonkeruun menetelmät

3.4.1 Haastattelut

Haastattelu on yksi tiedonhankinnan perusmuoto. Haastattelun avulla voidaan saada syvällistä tietoa ja sitä voidaan käyttää monenlaisiin tarkoituksiin. Haastattelu voidaan laatia monenlaisista lähtökohdista ja toteuttaa monin erilaisin tavoin, tavoitteista riippuen. Tutkimushaastattelut voidaankin jakaa erilaisiin haastattelulajeihin, joita ovat loma-kehaastattelu, strukturoimaton haastattelu ja teemahaastattelu. (Hirsjärvi et al. 2000, s. 11) Haastattelut voidaan toteuttaa yksilöhaastatteluna, parihaastatteluna ja ryhmähaastatteluna (Hirsjärvi et al. 1997, s. 210).

Tässä tutkimuksessa haastattelut suoritettiin yksilöille puolistrukturoituina teemahaastatteluina siten, että haastattelukysymykset oli laadittu etukäteen. Aineistonkeruumenetelmien valinnan tulee olla perusteltua (Hirsjärvi et al. 1997, s. 205).

Etuna puolistrukturoidussa teemahaastattelussa on se, että se ei sido haastattelua siihen, kuinka syvälle aiheen käsittelyssä mennään tai kuinka monta haastattelukertaa suoritetaan (Hirsjärvi 2000, s. 48). Teemahaastattelussa haastattelun aihepiirit ovat tiedossa, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys puuttuu (Hirsjärvi et al. 1997, s. 208). Haastattelu etenee yksityiskohtaisten kysymysten sijaan tiettyjen teemojen mukaisesti, joka tuo tutkittavien näkökulman ja osaamisen hyvin esille. (Hirsjärvi et al. 2000, s. 48)

Haastattelun suurena etuna muihin tiedonkeruumenetelmiin nähden on sen aineiston keruun säätelyn mahdollisuus tilanteen edellyttämällä tavalla vastaajia myötäillen (Hirsjärvi et al. 1997, s. 205). Haastattelua voidaan siis viedä eteenpäin sen mukaan, mikä on haastateltavan tietämys ja keskittyä haastattelussa tältä näkökannalta haastattelemiseen.

Haastattelut tiedonkeruun menetelmänä oli tähän tutkimukseen sopiva valinta. Eräs syy oli se, että teemahaastattelujen avulla on mahdollista saada kattavasti tietoa tuntemattomasta aiheesta. Haastattelut mahdollistivat tarvittavien lisäkysymysten esittämisen. Halusin myös haastateltavat henkilöt mukaan tutkimukseen ja haastattelut mahdollisti helpon lähestymisen haastateltaviin tutkimusaiheen tiimoilta myöhemminkin.

On tärkeää myös muistaa, että haastatteluissa on omat haasteensa. Näitä ovat muun muassa haastattelun ajallinen pitkäkestoisuus, haastattelujen huolellinen suunnittelu, kouluttautuminen haastattelijan rooliin ja tehtäviin sekä mahdolliset haastatteluista syntyneet virhetulkinnat. (Hirsjärvi et al. 1997, s. 206) Nämä seikat oli tiedostettu ennen haastattelujen suorittamista ja virhetulkintoja pyrittiin välttämään huolellisella paneutumisella nauhoitettuihin haastatteluihin.

Aaltola et al. (2010, s. 26) mukaan teemahaastattelussa kysymyksien järjestys ja laajuus vaihtelevat haastattelusta toiseen henkilöiden välillä. Tässä tutkimuksessa toimittiin

tällä tavalla, mutta siten, että esimerkiksi kohdeyrityksen tahtotilaa selvitettyä, kysyttiin haastateltavilta samat kysymykset. Kun taas lähestyttiin erityyppisiä haastateltavia, muokattiin haastattelukysymykset heille suunnattuun muotoon, eli osin tämän työn haastattelututkimus muistutti myös syvähaastattelua. Haastattelukysymykset oli laadittu siten, että pyrittiin saamaan moduulin kehittämiseen tarvittavaa tietoa kattavasti. Haastatteluissa käytettiin pääsääntöisesti samoja kysymyksiä, mutta kaikilta haastateltavilta ei kysytty jokaisen teeman kysymyksiä, jotta saatiin hyödynnettyä kyseisen haastateltavan tietämystä aiheesta mahdollisimman tehokkaasti.

Haastateltaviksi valittiin kohdeyrityksestä henkilöitä heidän toimenkuvansa ja kokemuksensa perusteella. Tutkimuksen haastateltavat voidaan jakaa kahteen osaan:

- 1) Kohdeyrityksen tavoitteisiin liittyvät haastattelut.
- 2) Muut haastattelut kohdeyrityksestä ja sen ulkopuolelta.

Haastateltavia henkilöitä valittiin toimenkuvansa perusteella siten, että kohdeyritystä käsittelevään lukuun saatiin muodostettua kohdeyrityksen tavoitteet mahdollisimman todenmukaisella tavalla. Tämä haastatteluosio palveli kohdeyrityksen tavoitteiden syvempää ymmärtämistä. Tähän työn osioon käytetty haastattelulomake on liitteessä 1 ja haastattelun tuloksia on esitelty luvussa 4.

Tämän lisäksi tietoa moduulin kehittämiseen hankittiin seniorihankkijalta ja talotekniikkapäälliköltä. Heidän tietämystään hyödynnettiin osin tilatekniikkamoduulin tarkempien ominaisuuksien osalta. Osuuteen haettiin tietoa myös yhteistyössä toimivalta kylpyhuone-elementtivalmistajalta. Näiden haastateltavien haastattelulomakkeet ovat liitteissä 2-4. Haastattelun tuloksia on esitelty luvussa 4.

Myös NCC Asumisen kehitysinsinööriä sekä NCC Buildingin laatu- ja ympäristöpäällikköä haastateltiin aiheeseen liittyen. Näitä haastatteluja ei kuitenkaan otettu tarkempaan käsittelyyn, vaan näillä pyrittiin saamaan tutkijalle lisätietoa ja näkemystä moduulin kehittämiseen liittyen.

Haastattelun suorituspaikka on oleellinen tekijä haastattelun onnistumisen takaamiseksi. Haastattelutilan tulisi olla rauhallinen ja haastattelutilannetta häiritseviä virikkeitä ei olisi suotavaa olla paljoa tarjolla. (Aaltola et al. 2010, s. 29) Kaikki haastattelut ja palaverit suoritettiin kohdeyrityksen osalta NCC:n tiloissa neuvotteluhuoneissa, jotka oli äänieristetty muusta tilasta. Neuvotteluhuoneet oli valittu haastattelutiloiksi myös sen takia, että siellä oli televisiot, joita pystyi hyödyntämään haastattelun aikana tietokoneen lisänäyttönä.

Haastateltaville esitettiin televisionäytön kautta haastattelun alussa diplomityön sisällysluettelo ja tämän jälkeen esiteltiin kehitettävän tilatekniikkamoduulin luonnoskuva. Luonnoskuva oli laadittu Google SketchUp-ohjelmalla, joka mahdollisti luonnoksen havainnollisen esittämisen, koska tarkastelua pystyi suorittamaan useista eri kulmista.

Tämän jälkeen haastattelu eteni teemoihin ja niiden alle luotuihin kysymyksiin. Haastattelutilanteessa hyödynnettiin mallinnusohjelmaa siten, että haastattelutilanteen ollessa tilatekniikkamoduulin ominaisuudet-teemassa, pystyimme tarkastelemaan mallia ja saamaan tätä kautta haastateltavilta selkeällä tavalla ratkaisuehdotuksia liittyen moduulissa haluttaviin ominaisuuksiin. Haastattelut kestivät 1-2 tuntia riippuen haastateltavasta. Haastattelutulokset tallennettiin haastattelujen aikana puhelimella nauhoittamalla.

3.4.2 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimuksia suoritettiin kohdeyritykselle tutun kylpyhuone-elementtitoimittaja – Parmarine Oy:n tehtaalla. Haastatteluista kävi ilmi, että tällä hetkellä sopivimpana yhteistyökumppanina tilatekniikkamoduulin kehittämisessä voisi toimia Parmarine Oy. Kenttätutkimuksia suoritettiin havainnointia hyödyntäen tehtaalla vierailuiden yhteydessä. Tällä pyrittiin selventämään kylpyhuone-elementtien valmistusprosessia tutkijalle. Kenttähavainnoinnin dokumentointi suoritettiin valokuvaamalla. Tämä tutkimusmenetelmä toi myös tutkimuksen teoria-osuuteen tarvittavaa tietoa nykyhetken kylpyhuone-elementeistä ja niiden ominaisuuksia. Vierailuja kertyi tutkimuksen aikana Parmarine Oy:n tehtaalle yhteensä viisi kappaletta.

Kylpyhuone-elementtien asentamista ja suojauksen toteutusta käytiin myös havainnoinnissa ja dokumentoimassa kohdeyrityksen asuntorakentamiskohteissa. Tämä toi tutkimukseen tarvittavaa näkemystä kylpyhuone-elementtien asennuksesta ja suojauksesta. Havainnointi suoritettiin tammi-helmikuussa, joten olosuhteet sijoittuivat talveen. Tämä oli hyvä asia, koska tällöin oli mahdollista nähdä asennus suhteellisen haastavissa olosuhteissa ja arvioida sitä, kuinka tilatekniikkamoduulin suojaus ja asentaminen tulee suoritaa.

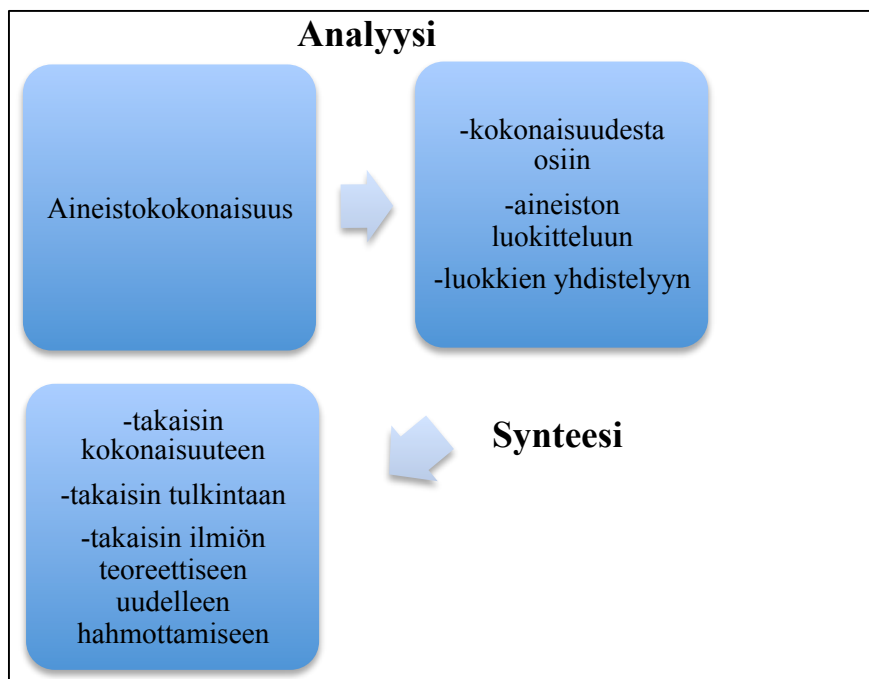
3.4.3 Kustannusanalyysi

Kustannusten analysointia suoritettiin uuden tuotantomenetelmän osalta luvussa 6. Analysointi suoritettiin arvioimalla menetelmästä tulevia hyötyjä teoriaan ja tutkijan omiin näkemyksiin pohjautuen. Kustannusanalyysin tuloksena ei ollut tarkoitus saada tarkkoja euromääräisiä lukuarvoja, vaan arvioida etuja, joita syntyy esivalmisteisemmasta rakennusosasta. Tätä työn osuutta varten keskusteltiin kohdeyrityksen toimihenkilöiden kanssa ja keskusteluissa mukana olleet henkilöt löytyvät liitteestä 5.

Kustannusanalyysin laatimista varten ei käytetty vertailtavaa aineistoa. Yksi selkeä syy tähän oli se, että kohdeyrityksellä ei ole ollut kohteita, joissa työssä kehitettävän moduulin kaltaisia tuotteita olisi ollut. Tämän lisäksi vertailuaineistoa käytettäessä, kustannushyöty on riippuvainen niistä asioista, mitä vertailtavasta aineistosta otetaan huomioon ja huomioidaanko asioita, joita aineistossa ei ole saatavissa.

3.5 Aineiston analysointi

Aineiston analyysissä eritellään ja luokitetaan aineistoa. Synteesissä pyritään luomaan kokonaiskuva ja esittämään tutkittavaa ilmiötä uudesta perspektiivistä. Usein kvalitatiivisen aineiston sisältämissä tutkimusraporteissa tulosten esittäminen on jäänyt analyysin vaiheeseen, eikä ole edetty synteesin tasolle, jolloin ilmiötä ymmärrettäisiin teoreettisesti syvällisemmin (Hirsjärvi et al. 2000, s. 143-144). Kuvassa 3.2. on esitetty haastatteluaineiston käsittelyvaiheet kaaviomuodossa.



Kuva 3.3. Haastatteluaineiston käsittelyvaiheet analyysistä synteisiin (Hirsjärvi et al. 2000, s. 144).

Haastatteluaineistoa käsiteltäessä on siis tärkeää tulkita haastattelevien lausuntoja, eikä pelkästään esitellä mitä he ovat sanoneet. Pelkkä esittely on laadullisen tutkimuksen sijasta enemmänkin laadullista kuvailua, joka on myös arvokasta, mutta siinä ei ole edetty pintaa syvemmälle (Aaltola et al. 2010, s. 57). Näin ollen tutkimuksessa on tärkeä edetä kuvailusta tulkinnan tasolle eli synteisiin.

Haastattelut tallennettiin tässä tutkimuksessa nauhoittamalla, jonka jälkeen ne purettiin kirjalliseen muotoon. Tätä kutsutaan litteroinniksi (Hirsjärvi et al. 1997, s. 222). Aineiston litterointi helpottaa sen analysointia jälkikäteen. Sen tarkkuudesta ei ole yksiselitteisiä ohjeita (Hirsjärvi et al. 2000, s. 139).

Tässä tutkimuksessa haastatteluaineisto on purettu teema-alueittain ja kirjoitettu puhtaaksi tietokoneella. Teemahaastatteluja ei purettu kirjalliseen muotoon täysin sanatar-kasti. Hirsjärvi et al. (2000, s. 140) mukaan tutkija voi tuntea aineistonsa siten, että tun-

nistaa tallenteesta teema-alueet nopeasti ja huomaa, milloin on tarpeellista kirjoittaa dialogit sanasta sanaan.

Aineiston purkamisen jälkeen, kohdeyrityksen tavoitteet on pyritty esittämään mahdollisimman selkeällä tavalla nostamalla esille haastatteluista esille tulleita teemoja. Teemojen alle on pyritty kuvaamaan haastateltavien näkemys kohdeyrityksen tämän hetkistä tavoitteista.

Tilatekniikkamoduulin ominaisuuksia varten suoritettiin myös muiden henkilöiden haastatteluja, jotta voidaan huomioida mahdollisimman paljon asioita liittyen kehitettävään moduuliin. Tätä aineistoa ei ole esitetty samalla tarkkuudella tässä tutkimuksessa, vaan olen hyödyntänyt haastatteluista saatua tietoa moduulin kehittämisessä kohdeyrityksen tavoitteet huomioiden.

4. KOHDEYRITYS JA SEN TAVOITTEET VALMISOSARAKENTAMISELLE

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen kohteena oleva yritys, joka on NCC:n asuntorakentamisen yksikkö. Lukua laadittaessa on pyritty siihen, että lukijalle tulee selkeä käsitys siitä, minkälaiseen yritykseen tutkimus suoritetaan. Tämän takia luvussa on käsitelty NCC-konsernia, jota osana asuntorakentamisen yksikkö on.

Ensimmäisessä alaluvussa esitellään NCC-konsernia ja NCC Building Finlandia konsernin osana. Asuntorakentaminen-yksikön kuuluminen osaksi NCC Building Finlandia on myös lyhyesti kuvattu hyvän yleiskuvan saavuttamiseksi.

Toisessa alaluvussa avataan kohdeyrityksen yleisiä tavoitteita liittyen vakiointiin, uudistumiseen ja teolliseen rakentamistapaan.

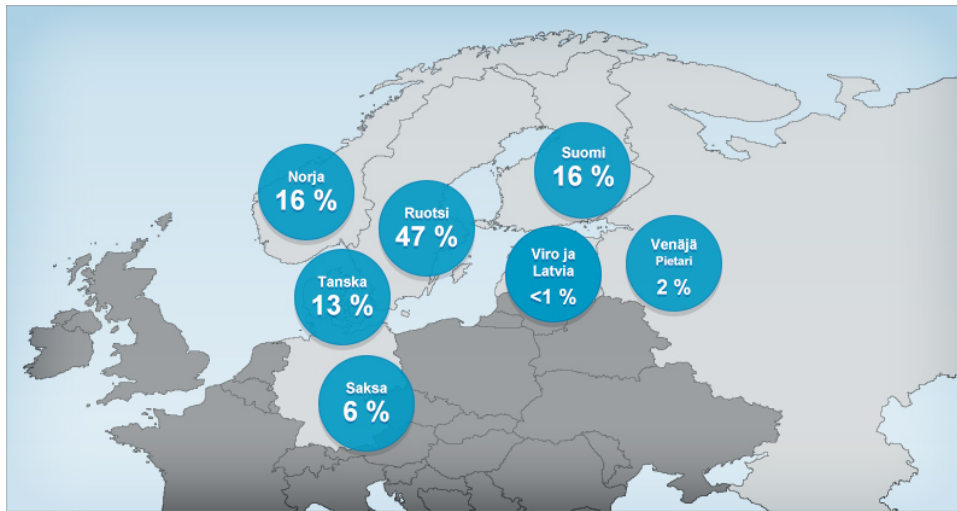
Kolmannessa alaluvussa käsitellään kohdeyrityksen tavoitteet liittyen kehitettävään tilatekniikkamoduuliin. Tämä alaluku on tutkimuksen kannalta tärkeä, sillä se antaa tilatekniikkamoduulin kehittämiselle lähtökohdat.

4.1 Kohdeyrityksen esittely

4.1.1 NCC

NCC on yksi pohjoismaiden johtavista kiinteistö- ja rakennusalan yrityksistä. Kotimarkkina-alueena kohdeyrityksellä ovat Pohjoismaat, mutta toimintaa on myös Saksassa, Baltiassa ja Pietarissa. NCC-konsernin liikevaihto vuonna 2014 oli 6,3 miljardia euroa ja se työllistää 18 000 henkeä. Liiketoiminta-alueet jakautuvat talonrakentamiseen ja infrarakentamiseen, asunto- ja kiinteistökehitykseen sekä kiviaineksen, asfaltin ja tienhoitoon. Lisäksi NCC kehittää ja rakentaa asuntoja ja toimitiloja, teollisuustaloja, julkisia rakennuksia, teitä ja infrastruktuurihankkeita. (NCC 2016)

NCC:n markkina-alueet jakautuvat Pohjois-Euroopassa siten, että Suomen osuus liikevaihdosta on 16 %. Suomessa NCC työllistää 2 557 henkilöä. (NCC 2016) Markkina-alueiden jakautuminen on esitetty kuvassa 4.1. ja luvut kertovat maakohtaisen osuuden liikevaihdosta.



Kuva 4.1. NCC:n markkina-alueet (NCC 2016).

NCC:n visio on seuraavanlainen: ***uudistaa toimialaansa ja tarjoaa ylivertaisia, kestävä******n kehityksen mukaisia ratkaisuja.***

NCC:n arvot ovat: ***rehellisyys, kunnioitus, luottamus ja edistyskellisyys.***

NCC:n tavoitteena on myös luoda arvoa asiakkaille ja osakkeenomistajille. NCC haluaa olla johtavana toimijana niillä markkinoilla, joilla se toimii. Lisäksi NCC haluaa tarjota kestäviä ratkaisuja ja olla asiakkaille halutuin kumppani. (NCC 2015)

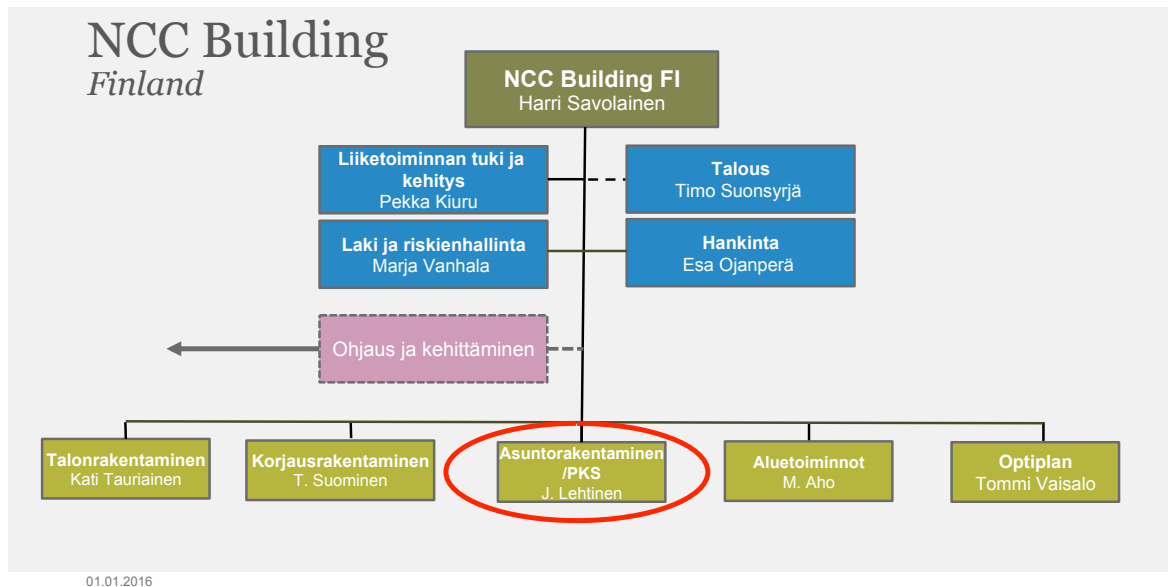
4.1.2 NCC Building Finland

NCC Building Finland on valtakunnallinen rakentaja, jonka toimialaa on talonrakentaminen, sisältäen muun muassa asunto-, toimitila-, liike- ja julkisen rakentamisen sekä infrarakentamisen. NCC Building Finlandilla on tytäryhtiö-Optiplan Oy, joka on suunnittelutoimisto.

NCC Building Finlandin toiminta on jaettu viiteen eri toimialaan, joita ovat:

- talonrakentaminen
- korjausrakentaminen
- asuntorakentaminen
- aluetoiminnot ja
- Optiplan Oy.

NCC Building Finlandin organisaatio on esitetty kuvassa 4.2. Työn tilaaja ja kohdeyritys, NCC:n asuntorakentamisen yksikkö, on kuvassa ympyröitynä.



Kuva 4.2. NCC Building Finlandin organisaatio (muokattu lähteestä, NCC 2016).

Asuntorakentamisen yksikkö rakentaa asuintaloja pääkaupunkiseudulle. Asuntorakentamisen-yksikön palveluihin kuuluu myös rakennuttaminen asiakkaan tarpeiden mukaan, suunnittelun ohjaus sekä asukkaiden tarpeiden mukaan räätälöidyt muutostyöt. (NCC 2016) Yksiköllä on tällä hetkellä sekä asumisen tuotantopuoli, että asuntourakoinnin puoli.

4.2 Kohdeyrityksen yleiset tavoitteet

4.2.1 Ratkaisujen vakioiminen

Kohdeyritys pyrkii haastattelujen perusteella vakioimiseen monissa tuotteissa ja ratkaisuissa. Kohdeyritys haluaa koko yksikkönsä toimimaan mahdollisimman vakioituilla prosesseilla. (Lehtinen, haastattelu 2016) Vakiointia pidettiin tärkeänä kohdeyrityksen kilpailukyvyn kannalta ja sen nähtiin olevan kasvussa myös asuntorakentamisen alalla. Vakiointi nähtiin myös mahdollisuutena erottautumiseen ja lisäksi oleellisena katteen parantamisen keinona (Karling, haastattelu 2015).

Vakioinnin suurena merkityksenä nähtiin, että sen avulla pystytään vakioimaan isoja kokonaisuuksia ja suunnitteluratkaisuja. Koettiin, että tällä hetkellä suunnittelijat suunnittelevat turhan usein omilla ratkaisuillaan ilman ohjeistusta, jolloin syntyy liikaa eriäviä ratkaisuja. Myös pienien asioiden tuotteistaminen ja vakiointi nähtiin tärkeänä, josta eräs esimerkki on keittiön vuotokaukalon oikeanlainen toteutus. (Karling, haastattelu 2015)

Kohdeyritys on kehittänyt itselleen konseptitaloja, joissa käytetään vakioituja hyväksi todettuja ratkaisuja. Tällä hetkellä konseptitaloja ovat Semmi ja Bertta, lisäksi kehitteillä on uusia konseptitaloja. Periaatteiltaan Semmi ja Bertta poikkeavat toisistaan, mutta molemmissa konsepteissa pyritään saavuttamaan tiettyjen asioiden vakioinnista saatavaa hyötyä. Bertta on konseptitaloista enemmän muovailtavissa oleva. Konseptitaloissa käytettäviä vakioituja ratkaisuja kutsutaan yrityksessä platformeiksi (Alvoittu, haastattelu 2015). Esimerkkejä platformeista ovat muun muassa kylpyhuoneet, porrashuoneet, parvekkeet ja julkisivuratkaisut.

Konseptitalot ovat mahdollistaneet kohdeyrityksessä esimerkiksi kylpyhuoneiden variaatioiden määrän minimoinnin, kun taas muissa hankkeissa niiden vakiointi ei ole ollut samalla tavalla hyödyllistä. Konseptitalohankkeissa saavutettaviksi hyödyiksi nähtiin muun muassa suuren volyymin hyöty, teollisen esivalmistamisen hyöty ja nopeamman aikataulun hyöty. Nämä asiat nähtiin kohdeyrityksen vahvuuksina, etenkin konseptitalohankkeiden osalta (Alvoittu, haastattelu 2015). Vaikka konseptitaloilla on mahdollisuus päästä kohti prosessimaisempaa tuotantoa, ei kohdeyrityksellä kuitenkaan ole tarkoitus mennä takaisin 1970-luvun tyyppiseen massatuotantoon. Konseptitalojen ideana nähtiin se, että voidaan käyttää vakioitua prosessialustaa ja asiat muuttuvat kohteen ulkokuoressa tai muualla kohteessa siten, että ne eivät riko prosessialustan tai konseptin peruseriaa. (Karling, haastattelu 2015; Alvoittu haastattelu 2015)

Konseptitalohankkeissa projektit nähtiin olevan hyvin NCC:n hallinnassa sen vuoksi, koska niihin ei tule yllättäviä muutoksia, kun poikkeaviin ratkaisuihin tarvitaan erillinen lupa konseptin omistajilta. (Alvoittu, haastattelu 2015)

Kohdeyrityksessä hankekehitysjohtaja vastaa konseptitaloista ja hankkeiden teknisten ratkaisuiden toimivuudesta vastaavat projektipäälliköt. Projektipäälliköiden vastuulla on rakenneratkaisuiden kustannustehokkuus ja kehittäminen. Konseptitalojen ja platformien avulla kohdeyrityksessä koettiin mahdolliseksi laskea omia tuotantokustannuksia ja nostaa lisäksi kumppanuuksien tasoa hankinnassa, jolloin on potentiaalia laskea rakennuskustannuksia (Lehtinen, haastattelu 2016). Kohdeyritys on kehittänyt patentoidun parvekeratkaisun, jolla nähtiin mahdolliseksi saavuttaa kustannussäästöä ja erotautumista. Parvekeratkaisu on esivalmisteinen teräselementtiparveke, mallia NCC TUP-teräsulokeparveke. Nähtiin, että tällä parvekeratkaisulla on mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä hyvän jatkokehityksen, suuren volyymin ja oikeiden hankintakanavien kautta. Vahvuutena koettiin myös se, että asuntorakentaminen on niin suuri yksikkö, että ollaan lähempänä prosessiteollisuutta, jolloin yhden osa-alueen muutoksella ja vakioinnilla voidaan saavuttaa paljon säästöä. Esimerkkinä tästä on jätehuollon kehittäminen, josta on saatu kehitystyöllä merkittäviä säästöjä. (Lehtinen, haastattelu 2016) Katemielessä kohdeyrityksen konseptitalohakkeet olivat menneet parhaiten ja tulevaisuudessa niissä nähtiin potentiaalia saavuttaa vielä enemmän kannattavuutta, kun opitaan tekemään entistä parempia ratkaisuja (Alvoittu, haastattelu 2015).

4.2.2 Uudistuminen

Kohdeyrityksellä ei ole konsernitasolla suoranaista strategista ohjetta, jonka mukaan pitäisi siirtyä kohti esivalmisteisempaa rakentamistapaa. NCC:ssä ollaan vision ja arvojen kautta innostuneita kehittymään ja uudistumaan. Kohdeyrityksessä nähtiin tällä hetkellä olevan uudistushaluinen henki ja yksikköä on rakennettu siten, että tämänkaltaista henkilöstöä on yhä enemmän (Lehtinen, haastattelu 2016).

Kaikista haastatteluista tuli ilmi se, että kohdeyrityksellä on voimakas halu uudistua ja kehittyä. Kohdeyritys kokee hyvänä uudistumiskeinona konseptitalohankkeet ja omat vakioidut ratkaisut, joilla päästään kokeilemaan uudenlaisia innovatiivisia ratkaisuja (Alvoittu, haastattelu 2015; Koivunoro, haastattelu 2015). Kohdeyrityksellä ei ole varsinaista tuotekehitysprosessin kuvausta käytössä. Tällä hetkellä tuotekehitys ja tapahtuu konseptitalojen ja platformien myötä, jotka on vastuutettu eri henkilöiden kesken ja joihin on sidottu vuosittaiset tavoitteet. Jonain päivänä kohdeyrityksen mielestä voisi olla mielenkiintoista tehdä tuotekehitystä enemmän muiden alojen teollisuuden, kuten esimerkiksi elektroniikkateollisuuden tavoin. Kuitenkin todettiin, että rakentaminen poikkeaa muista teollisuuden aloista. Kohdeyritys haluaa kasvattaa tulevaisuudessa konseptitalojen ja platformien määrää (Lehtinen, haastattelu 2016). Myös hankintaa haluttiin kehittää tulevaisuudessa siten, että saadaan kilpailukykyisempi hinta ja hyvät yhteistyökumppanit. Esimerkiksi konseptitalohankkeissa löytyi halu yhdistää talotekniikka- ja runkourakoitsijat osaksi tuotekehitystä, jolloin myös heidän näkemyksiä voitaisiin hyödyntää (Lehtinen, haastattelu 2016).

Yrityksen uudistumisen ja kehittymisen halu nähtiin mahdollisuutena, joka on mahdollistanut muun muassa konseptitalojen syntymisen sekä uudenlaisen parvekerakenteen kehittämisen (Alvoittu, haastattelu 2015). Koettiin myös, että perinteisillä ratkaisuilla ei välttämättä enää pärjätä tässä markkinatilanteessa, vaan pitäisi pystyä erottautumaan entistä paremmin (Karling, haastattelu 2015). Kohdeyrityksessä kerrottiin, että Suomessa on paljon kohdeyritystä pienempiä toimijoita, jotka ovat nopeita tekemään muutoksia. Näillä pienillä toimijoilla koettiin olevan parempi kyky nopeaan päätöksentekoon, koska päätöksenteosta vastaa harvempi ihminen kuin kohdeyrityksessä. Tämän takia nähtiin, että kohdeyrityksenkin pitäisi pystyä nopeaan päätöksentekoon ja uudistumiseen (Lehtinen, haastattelu 2016; Karling, haastattelu 2015). Hitaus muutoksien tapahtumiseen nähtiin siis jonkinlaisena heikkoutena. Uudistushaluisuus nähtiin osittain myös uhkakuvana, koska kokemusta ei ole paljoa uusien ratkaisujen käytöstä. Uudistuminen koettiin kuitenkin välttämättömänä yrityksen kilpailukykyyn kannalta (Lehtinen, haastattelu 2016).

4.2.3 Teollinen rakentamistapa

Kohdeyrityksessä on selkeä tahtotila siihen, että pitäisi siirtyä yhä esivalmisteisempaan rakentamiseen. Kohdeyrityksessä halutaan, että rakennustuote valmistetaan teollisesti,

esimerkiksi kylpyhuoneen osalta. Työ halutaan tehtäväksi tehdasolosuhteissa vakioituilla prosesseilla valmiiksi, jolloin voidaan saavuttaa tasaista laatua. (Alvoittu, haastattelu 2015). Myös rajoitettujen resurssien ja kilpailukyvyn kannalta kohdeyritykselle ovat tärkeitä ratkaisut, joilla pystytään tiukassa kilpailutilanteessa kilpailukykyyn hinnan osalta. Sidottujen kustannusten tuottavuuden aikaistaminen on tärkeää ja tähän päästään vähentämällä rakennusaikaa. Tämä on ollut yhtenä puoltavana tekijänä rakentamisen siirtämiseen työmailta tehtaisiin. Kohdeyrityksessä nähtiin, että kun tehdään teollisemmin ja vakioiden, kasvavat sidotut kustannukset ja tuotanto on varmempaa. (Karling, haastattelu 2015) Rakentamisajan lyhentymisen koettiin tärkeänä, koska se vaikuttaa alentavalla tavalla myös rakennustyömaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin, jotka ovat usein arviolta 2-5 % koko rakentamisen kustannuksista (Alvoittu, haastattelu 2015). Toisaalta kohdeyrityksessä nähtiin täysin esivalmisteinen rakennustapa uhkana. Koettiin, että jos työmaa toimii puhtaasti kokoonpanoa varten ja kaikki rakentaminen tehdään tehtaassa tuotteilla, kohdeyritys ei enää hallitse rakennusprosessia. Tällöin tuote-toimittajista voi tulla kilpailijoita, jos tuotteistus ja vakiointi ei ole kohdeyrityksen käsissä. (Karling, haastattelu 2015)

Haastatteluissa käsiteltiin myös kylpyhuone-elementtiä esivalmisteisena rakennusosana. Kylpyhuone-elementtien osalta niiden merkittävimpinä etuina nähtiin muun muassa aikataulun lyhentymisen, logistiikan helpottumisen ja laadun parantuminen. Takuu- ja vastuukorjauksiin liittyviä paikalla tehtyjen kylpyhuoneiden osalta syntyviä kustannusriskejä nähtiin olevan mahdollista vähentää kylpyhuone-elementtien avulla vakioituin hyväksi todetuin ratkaisuin. Etuna nähtiin myös se, että kokonaisvastuu kylpyhuone-elementistä on toimittajalla. Kylpyhuone-elementtien käyttö on nähty riskittömämpänä tapana valmistaa kylpyhuone, mutta se ei ole aina toteutunut esimerkiksi niitä ulkomailta hankittaessa. Laadunvarmistaminen etenkin ulkomaisissa hankinnoissa nähtiin erittäin tärkeänä ja osittain haastavana. NCC:n konseptitaloissa on aina käytössä kylpyhuone-elementit.

Kylpyhuone-elementit nähdään kohdeyrityksessä kokonaiskustannuksiltaan edullisempänä ratkaisuna kuin perinteinen kylpyhuoneiden rakentaminen. Kuitenkin tässä asiassa huomioitiin työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksien vaikutus ja kylpyhuone-elementtien tyyppi, eli esimerkiksi sisältääkö se saunan vai ei. Kylpyhuone-elementeissä nähtiin enemmän etuja rajoituksien tai haittojen sijasta. Kylpyhuone-elementeillä nähtiin, että pystytään saavuttamaan erottautumista paremmin kuin paikalla tehdyssä kylpyhuoneessa (Karling, haastattelu 2015).

Yleisesti ottaen koettiin, että kylpyhuone-elementtien käyttö on ollut kasvussa kohdeyrityksessä. Kohdeyrityksen seniorihankkijan mukaan kylpyhuone-elementtien käyttö on lisääntynyt ympäri Suomea ja on selvässä kasvussa (Koivu, haastattelu 2015). Kohdeyrityksessä arvioitiin, että rakennuttajien keskuudessa kylpyhuone-elementtien käyttöön vaikuttaa negatiiviset näkemykset, jotka voivat osittain johtua 1970-luvun kylpyhuone-elementtien ongelmista, kuten seinäkaivosta (Karling, haastattelu 2015).

4.3 Kohdeyrityksen tavoitteet liittyen tilatekniikkamoduuliin

Kohdeyritys kokee tilatekniikkamoduulien käytön kannattavaksi. Moduulin toiminnallisuus koettiin olevan tärkeässä roolissa (Lehtinen, haastattelu 2016). Mitä enemmän moduuliin on mahdollista integroida asioita, sitä parempana tuotteena moduuli koettiin. Tämä nähtiin myös haastavana, mutta kuitenkin mahdollisena tavoitteena. (Alvoittu, haastattelu 2015). Kohdeyritys koki, että etukäteen mietittynä tehdasvalmisteisena ratkaisuna tällä tuotteella pystyttäisiin toteuttamaan kustannustehokkaasti arvokkaampia-kin ratkaisuja. Erityisen tärkeänä nähtiin, että tuote myydään oikeasti asiakkaalle ja on toimiva. (Karling, haastattelu 2015).

Haasteena moduulin tuotantoon saamisessa koettiin erityisesti rakennustyömaan sääolosuhteiden hallinta. Toisena haasteena nähtiin on se, kuinka paljon moduulille löytyy mahdollisia toimittajia. Kohdeyrityksessä nähtiin tärkeänä tutkia, saako kohdeyritys tilatekniikkamoduulista rahallista hyötyä. Kohdeyrityksessä koettiin, että tehdasolosuhteissa on edullisempaa valmistaa tuote kuin työmaalla, mutta täytyy tietää, kenelle kustannushyöty jää. (Lehtinen, haastattelu 2016).

Kohdeyrityksessä löytyi halu tehdä massakustomoitu tuote, jossa voisi olla erilaisia laatutasoja. Keittiön laatutasot nähtiin siten, että ne voisivat olla sidottuja kylpyhuoneen laatutasoihin. Kohdeyrityksestä annettiin ehdotus, että tuotteesta voisi tehdä ensimmäisessä kohteessa kuluttajatutkimusta tietyistä vakioiduista ratkaisuista ja kerätä siitä palautetta moduulin jatkokehitystä varten. (Lehtinen, haastattelu 2016). Oikeanlainen seuranta ja asiakaskäyttäytymisen mittaaminen koettiin tärkeänä. Tällä tavalla nähtiin mahdollisena hankkia tietoa siitä, millaisiin ratkaisuihin kohdeyrityksen tulee panostaa, jotta moduulilla onnistutaan vastaamaan asiakkaan odotuksiin.

Asiakkaan tunnistaminen koettiin erittäin tärkeänä. Kohdeyrityksessä mietitään tuotteeseen usein halpaa ratkaisua, jolloin asiakkaan tulee ostaa lisätuotteita, jotta tuotteesta tulee hänelle mieleinen. Tällä tuotteella haluttaisiin kohdata ja jopa ylittää asiakkaan odotukset. Tuotteesta halutaan tehdä niin hieno ja valmiiksi mietitty, ettei asiakkaalle tule mieleen kyseenalaistaa sitä tuotteena. Tätä kautta kohdeyritys koki mahdollisena vähentää muutostöitä ja pitää asukastyytyväisyys hyvällä tasolla. Tällöin ei myöskään olisi tarvetta tehdä niin paljoa erilaisia ratkaisuja. (Karling, haastattelu 2015) Tietyt vakioratkaisut haluttiin olevan tuotteessa helposti muutettavissa. Vakioratkaisujen tilalla nähtiin mahdollisuutena käyttää elinkaarikestävyyteen liittyviä ratkaisuja, kuten klinkkerilaattoja. Kohdeyrityksessä kerrottiin, että useissa tapauksissa asiakas on ollut tyytyväinen muutoksiin, jotka on voinut tehdä valmiista kohdeyrityksen tarjoamista ratkaisuista. Kerrottiin, että kun taas asiakas on tehnyt muutoksia kohdeyrityksen tarjoamien vaihtoehtojen ulkopuolelta, on tullut pettymyksiä, koska niihin liittyy mielikuvia ja tehdään mahdollisesti tuotekokonaisuuksia, joita ei ole mietitty järkeviksi (Karling, haastattelu 2015).

Kohdeyritys näki hyvänä ratkaisuna sen, että moduulin sisällä voisi tulla kohteessa käytettäviä materiaaleja. Tällä tavalla voitaisiin helpottaa työmaan logistiikkaa. Esimerkkejä moduulin sisällä tulevista materiaaleista voivat olla muun muassa laminaatit, parketit ja makuuhuoneen kaapit. Moduuli nähdään kohdeyrityksessä ikään kuin Ikea-tyyppisenä valmispakettina, jossa koko moduuli on enemmän kalustemainen. Koettiin, että moduulin ulkoseinillä ei välttämättä tarvitsisi käyttää kipsilevyä verhoukseen, kuten kylpyhuone-elementeissä, vaan seinällä voisi olla mahdollisesti jokin kalustelevyn tyyppinen ratkaisu. (Karling, haastattelu 2015)

4.3.1 Talotekniikka

Haastatteluiden perusteella talotekniikka haluttiin integroida mahdollisimman pitkälle osaksi moduulia. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi tekniikkahormia, jossa viemärit ja vesijohdot ovat hormin sisässä osana moduulia. Tärkeänä koettiin myös se, että talotekniset ratkaisut olisivat pidemmälle vakioituja kuin tällä hetkellä.

Kohdeyrityksen talotekniikkapäällikkö ei kokenut vesijohtojen laittamista moduulin tekniikkahormiin tarpeelliseksi. Koettiin, että vesijohtojen lisäämisessä moduulin hormiin saadaan enemmän reunaehtoja ja rajoituksia kuin silloin, kun vesijohdot on muualla. Tuli myös ilmi, että taloteknisestä näkökulmasta moduuli on helpommin vakioitavissa ja muunneltavissa, jos vesijohdot eivät ole osana moduulin tekniikkahormia. Viemäri- ja vesijohdot on tärkeää olla osana moduulia, koska kylpyhuone-elementtien ongelmat vähenivät oleellisesti sen kylpyhuone-elementtiin lisäämisen jälkeen. Tämän lisäksi wc-istuimen olisi hyvä olla mahdollisimman lähellä viemäriä, jolloin sen kanssa on vähiten ongelmia. (Järvelä, haastattelu 2016)

Vesijohtojen tulee olla myös helposti vaihdettavissa nykyisen rakentamismääräyskoelman mukaan, joka tarkoittaa käytännössä avattavuutta vesieristyksen ulkopuolelle (Järvelä, haastattelu 2016). Tämä aiheuttaa omanlaiset rajoitteet moduulin suunnitteluun ja tämä tuli haastatteluissa esille.

Moduulissa tulee olla valmiiksi mietittynä, käytetäänkö keskitettyä vai hajautettua ilmanvaihtojärjestelmää. Kumpakaan järjestelmistä ei nähty järkevämmäksi toisiinsa verrattuna, koska ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla sovitettu kohteen mukaan. Jos halutaan esimerkiksi tarjota säädettävyyttä, niin hajautetulla ilmanvaihtojärjestelmällä sen tarjoaminen on mahdollista. Toisaalta taas yleisesti ottaen kustannuksien kannalta, jos huomioidaan huolto- ja ylläpitokustannukset, keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä on edullisempi. (Järvelä, haastattelu 2016) Yhteistyössä toimivaa kylpyhuone-elementtivalmistajaa haastatellessa tuli ilmi, että tämän moduulin kehittämisessä voisi olla helpointa käyttää keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää, koska muutoin voi syntyä kehittämisvaiheeseen liikaa vaihtoehtoja (Palmanen, haastattelu 2016).

Rakentamismääräyskokoelma muuttuu vuoden 2017 aikana, joka saattaa omalta osaltaan muuttaa tilatekniikkamoduulissa käytettäviä taloteknisiä ratkaisuja. Eräs määräyksen osa voi mahdollistaa huoneiston asunnon jäteilman puhaltamisen suoraan seinästä ulos. Tätä ei ole nykyisillä määräyksillä käytännössä pystynyt toteuttamaan (Järvelä, haastattelu 2016). Uusissa määräyksissä tietyillä ulospuhallusnopeuksilla ja uudelleen määritellyillä reunaehdoilla näin voidaan tulevaisuudessa toimia, joka käytännössä jättää ilmanvaihdon pystyhormit pois rakennuksista. Tämä taas johtaa siihen, että saadaan enemmän myytävää asuintilaa. Toinen asia, joka voi ajaa kohti hajautetun ilmanvaihtojärjestelmän käyttöä on se, että todennäköisesti on tulossa määräys, jossa ilmanvaihdon energiantehokkuutta yritetään parantaa tarpeen mukaisella säädettävyydellä. Tämä tarkoittaa käytännössä sen tehostettavuutta ja poissaolotilalle laittoa yksittäisessä asunnossa, joka on helppo toteuttaa hajautetulla ilmanvaihtojärjestelmällä (Järvelä, haastattelu 2016)

4.3.2 Kylpyhuone

Haastattelujen perusteella kohdeyrityksellä on halu tehdä kylpyhuoneessa ratkaisuja, joita ei käytetä yrityksen yleensä käyttämissä kylpyhuone-elementissä. Yksi esimerkki tästä on seinä-wc. Yhtenä ideana esitettiin sitä, että seinä-wc voisi mahdollistaa koteloinnin jossain tapauksessa seinän ulkopuolelle, jolloin huoltotoimenpiteet voitaisiin suorittaa kylpyhuoneen ulkopuolelta. Lisäksi jossain tapauksessa nähtiin, että hanojen ja suihkujen varret voisivat sijaita kylpyhuoneen seinän toisella puolella piilossa, mikäli kohdeyritys näin haluaa (Karling, haastattelu 2015). Seinä-wc:n avulla koettiin myös mahdolliseksi pystyä ohentamaan pohjalaatan paksuutta, koska pohjalaatan paksuus koettiin ongelmaksi rajoitetun kerroskorkeuden vuoksi. Myös kylpyhuoneen seinää vasten tulevaa lattiakaivoratkaisua ehdotettiin. (Alvoittu, haastattelu 2015).

Talotekniikkapäälliköltä tuli esille huomiona, että seinä-wc:seen liittyy reunaehdoja, joita ovat muun muassa kotelon tuulettuminen, johon liittyy vesieristyksen toteuttamisen yksityiskohdat. Toinen haaste voi olla palotekniset rajoitteet, jos esimerkiksi seinä-wc:n kytkentäviemäri on muovista, niin pitää olla kaksinkertainen kipsilevytys wc:n kotelossa. Tämän lisäksi, mikäli wc on suihkun vieressä tulee huomioida sen huollettavuus ja kipsikotelon kestäminen. Jos seinä-wc:n koneisto on vesieristyksen sisällä, niin tulisi siinä olla avattava luukku. Eli nähtiin myös, että välttämätöntä ei ole mennä tietty yksityiskohta edellä, vaan se käytetäänkö seinä-wc:tä vai lattia-wc:tä riippuu siitä, mitä muuta joudutaan lisäksi vielä ratkaisemaan. (Järvelä, haastattelu 2016)

Esille tuli myös, että tilatekniikkamoduulin valaistusratkaisut voisivat olla myös tavanomaisesta poikkeavia. Mahdollisuutena nähtiin myös käyttää kylpyhuoneen puolella normaalista poikkeavia materiaaliratkaisuja, esimerkiksi keraamisia suurikokoisia laattoja (Karling, haastattelu 2015).

Yhteistyössä oleva kylpyhuone-elementtien valmistaja kertoi, että kylpyhuone on helpoiten toteutettavissa siten, että tiskiallas ja wc-istuin ovat läheisyydessä pystyviemärin kanssa. (Palmanen, haastattelu 2016)

Haastattelujen ulkopuolella kohdeyrityksessä tuli ilmi myös asuinhuoneiston pyöräh-dysympyrän halkaisijan muuttuminen Pääkaupunkiseudun asetuksissa 1500 mm halkai-sijasta 1300 mm:iin. Tässä työssä kehitettävässä moduulissa tätä muutosta ei otettu huomioon, mutta tulevaisuudessa suunniteltavissa kohteissa tämä tulee muuttamaan moduulien kokoa todennäköisesti pienemmäksi.

4.3.3 Keittiö

Keittiön osalta koettiin tärkeäksi toiminnallisuus, koska keittiö on kooltaan tavanomais-ta pienempi. Kaappien toiminnallisuus haluttiin suunniteltavan tässä tuotteessa normaalia keittiötä paremmaksi. Kosteuden kesto nähtiin kaikkien haastattelujen osalta tärkeänä keittiön osalta, koska tavanomaiset kalustemateriaalit eivät kestä työmaan runkotyö-vaiheen aikaista kosteutta ilman täysin pitävää suojausta. Koettiin, että etenkin kaluste-rungon olisi oltava kosteudenkestävää materiaalia.

Ehdotettiin myös, että keittiön kaappien ovet voisi lisätä jälkikäteen, jolloin pelkkä ka-lusterunko voisi olla kosteudenkestävää materiaalia. Tällöin nähtiin, että saranat voisi-vat olla esimerkiksi ovissa kiinni valmiina. Keittiön suunnittelun osalta nähtiin, että keittiösuunnittelijasta voisi olla hyötyä. (Lehtinen, haastattelu 2016). Keittiön kaapisto-ratkaisut haluttiin olevan tässä moduulissa paljon normaalia kehittyneempiä, esimerkki-nä apteekkarin kaapit (Karling, haastattelu 2015).

Kohdeyrityksellä on halu rakentaa keittiö tässä moduulissa kokonaan uudelleen. Mah-dollisuutena nähtiin, että tässä tuotteessa voisi käyttää jopa normaalista poikkeavan le-vyisiä vetolaatikoita, joissa olisi huomioitu asunnon koko paremmin. Ei nähty järkevänä tehdä pieniin asuntoihin samankokoisia keittiöitä kuin isoihin asuntoihin. (Alvoittu, haastattelu 2015). Koska keittiö on tässä moduulissa rajoittunut moduulin kokoon, koet-tiin, että keittiön osuutta voisi kasvattaa rakentamalla kuiva-osan jälkikäteen. (Koivuno-ro, haastattelu 2015).

Välitilalaatoituksen tilalla haluttiin käyttää levymäistä ratkaisua. Nähtiin, että levy voisi olla myös jälkikäteen lisättävä asia (Lehtinen, haastattelu 2016). Myös keittiön tasona koettiin, että voisi mahdollisesti käyttää jotain normaalista poikkeavaa levyä, joka ei välttämättä ole edes kalliimpi kuin tavallisesti käytetty levy. Esimerkkiratkaisuina nähtiin klinkkeri, kivi tai massalevy. (Karling, haastattelu 2015)

Kodinkoneet haluttiin tulevan joko valmiiksi keittiöön integroituna tai moduulin sisällä, mutta mieluummin jos mahdollista, valmiiksi keittiöön integroituna. Astianpesukoneena nähtiin tarpeen mahdollisesti käyttää myös normaalia pienempää astianpesukonetta,

koska normaalin kokoinen astianpesukone ei välttämättä mahdu tähän malliin (Koivunoro, haastattelu 2015). Oltiin myös sitä mieltä, että kodinkoneita ei pidä suunnitella erikseen moduulia varten, vaan käyttää moduulissa markkinoilla valmiiksi olevia koneita (Järvelä, haastattelu 2016).

Kodinkoneiden työmaavaiheen kesto ei kodinkonetoimittajan kanssa käydyn puhelinkeskustelun perusteella ole ongelmallista, mikäli suojaus ja kodinkoneiden olosuhteet saadaan suotuisiksi. Pakkanen ja kosteus eivät ole hyväksi kodinkoneiden kestolle. Suojauksen merkitystä korostettiin. (Salo, puhelinkeskustelu 2016)

4.3.4 Eteisen kaapisto

Eteisen kaapistoa ei haastattelujen perusteella koettu välttämättömänä osana moduulia. Jatkona tähän, osassa haastatteluissa myös kyseenalaistettiin yleensä koko kalustekaappien määrää asunnoissa.

Mikäli eteisen kaapisto lisättäisiin osaksi moduulia, myös sen osalta nähtiin tärkeänä miettiä kaapiston toiminnallisuus ja materiaalit. Koettiin, että hyvän hankintakanavan kautta eteisen kalustekaapit voisivat tulla vaihtoehtoisesti myös moduulin sisällä. Jatkossa nähtiin, että voisi ajatella myös makuuhuoneiden kaapit tulemaan moduulin sisällä (Lehtinen, haastattelu 2016).

4.3.5 Käyttökohteet

Kohdeyrityksessä koettiin, että tilatekniikkamoduulin käytön tulee olla mietittynä jo suunnittelun alkuvaiheessa projektisuunnitelmassa (Lehtinen, haastattelu 2016). Ensimmäisenä järkevänä käyttökohteena tilatekniikkamoduulille nähtiin konseptitalohankkeet, kuten Bertta ja Semmi. Kohdeyrityksessä koettiin, että tilatekniikkamoduulin onnistuminen on kiinni suunnittelun luovuudesta, jota konseptitaloihin on kehitetty (Lehtinen, haastattelu 2016)

Asuntojen koon suhteen tilatekniikkamoduulin käyttö nähtiin osittain haastavana suuremmissa asunnoissa (Lehtinen, haastattelu 2016; Koivunoro, haastattelu 2015). Toisaalta tämä voi osittain johtua siitä, että haastattelutilanteessa tarkasteltiin luonnosmoduulia, joka oli tehty pientä asuntoa varten. Osa haastateltavista koki haastattelutilanteessa, että asunnon koolla ei ole lainkaan rajoitteita (Alvoittu, haastattelu 2015; Karling, haastattelu 2015). Nähtiin myös, että asunnon koolla ei ole merkitystä, koska isompaan asuntoon voi lisätä kuivaosan tarvittaessa, joka tuo lisätilaa (Alvoittu, haastattelu 2015; Karling, haastattelu 2015).

Haastateltavat eivät nähneet rajoitteita tilatekniikkamoduulin soveltuvuudelle eri kohteisiin, vaan käyttökohteena koettiin kaikki asuntotuotannon kohteet. Kohdeyrityksessä

koettiin osin kuitenkin, että etenkin vuokra-asunnoissa moduulilla olisi hyvä soveltuvuus, koska siellä pystytään tekemään asuntoja samanlaisilla ratkaisulla.

4.3.6 Suojaus

Moduulin suojauksen toteutus nähtiin tärkeänä osana tuotteen onnistumista. Suojauksen ei nähty olevan ratkaisematon ongelma. Moduulin keittiöosuuden suojaukseen ehdotettiin levymäistä ratkaisua. Moduulin katon suojaus korostui myös ja siihen ehdotettiin esimerkiksi peltikattoa, jossa on kallistus (Järvelä, haastattelu 2016). Tämä katto jäisi moduulin ja välipohjan väliin ja otettaisi pois silloin, kun sääolosuhteet eivät ole enää ongelma.

Työmaa-aikaisen kosteuden ehkäisyyn tuli monenlaisia ideoita. Näitä olivat muun muassa puhaltimet, lämmittimet ja kosteudenpoistajat. Puhallin nähtiin järkevänä ideana, koska sillä voisi kierrättää samaa ilmaa sekä kylpyhuoneen että keittiön sisällä. Kosteuden ehkäisyssä käytettäviä laitteita voisi käyttää uudelleen myöhemmin valmistettavissa moduuleissa.

Suojauksen osalta tuli lisähuomiona se, että aluksi on ratkaistava, mikä oikeasti on ongelmana moduulin ollessa työmaalla. Kohdeyritys ei ollut kohdannut paljoakaan ongelmia kylpyhuone-elementtien ollessa työmaalla, jos ne on suojattu kevytpeitteellä. Nähtiin, että ensisijaisesti moduuli on pidettävä kuivana siltä, ettei sen päälle jää vettä, tämän lisäksi suojaus ympäriltä tulee olla roisketiivis, eikä moduulin alle saa jäädä vettä. Normaalisti kylpyhuone-elementtien kanssa niiden alle on porattu reikä välipohjaan, jolloin vesi valuu alaspäin osin toisen elementin päälle. Reiän paikka on porattu järkevään kohtaan veden valumista ajatellen. (Järvelä, haastattelu 2016)

Tämän lisäksi suojaukseen tuli yhteistyössä olevalta kylpyhuone-elementtien valmistajalta esille, että tilatekniikkamoduulissa suojaus täytyy miettiä uudelta pohjalta verrattuna heidän nykyisiin kylpyhuone-elementteihin. Tämä sen vuoksi, että suojamuovi poistetaan seinäelementtiä vasten tulevalta osuudelta, jolloin kylpyhuone-elementin suoja ei ole enää niin tiivis. Eli suojausta voisi tässä moduulissa miettiä siten, että vaikka se tulee seinä-elementtiä vasten, pysyy se kasassa. Myös heiltä tuli ehdotuksena suojaukseen siirrettävä katto, jossa olisi kaatoa. Tuli myös esille, että suojausta helpottaa moduulin vakioidut mitat. (Palmanen, haastattelu 2016)

5. TILATEKNIKKAMODUULI

Tämä luku on kuvaus kehitetystä tilatekniikkamoduulista. Tuotekehityksen etenemistä esitetään Jokisen (2010) malliin pohjautuen ensimmäisessä alaluvussa. Kaikki tutkimuksen aikana pidetyt tapaamiset, haastattelut ja vierailut on esitetty kronologisessa järjestyksessä liitteessä 5 selvennyksen vuoksi lukijalle, vaikka suurin osa näistä tulee esille osana tätä lukua.

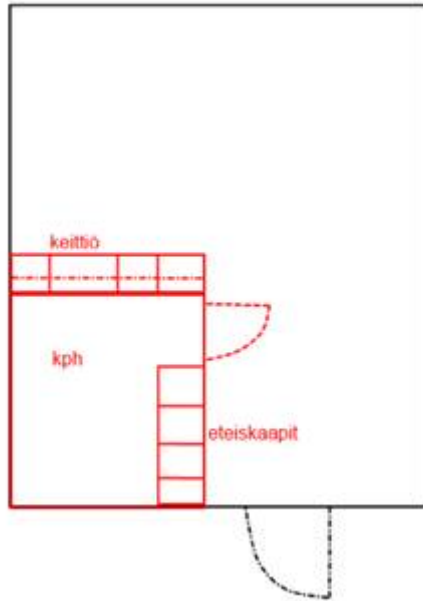
Toisessa alaluvussa esitellään kehitetyn tilatekniikkamoduulin ominaisuudet. Tässä luvussa puhutaan myös case-kohteesta, jonka pohjalta tilatekniikkamoduulia kehitettiin, mutta tarkemmin case-kohde esitellään luvun 6 alussa.

Case-kohteeseen rajautumisen vuoksi tilatekniikkamoduulista ei voitu rakentaa kylpyhuoneen sisäpuolelta aivan sellaista, kuin kohdeyrityksessä olisi haastattelujen mukaan toivottu. Tämän vuoksi kolmannessa alaluvussa on esitetty visio moduulin mahdollisimman optimoidusta ratkaisusta. Tämä ratkaisumalli tilatekniikkamoduulista mahdollistaa kylpyhuoneen sisäpuolen erilaisen toteuttamisen. Työn rajauksien vuoksi tätä ratkaisua ei ole tutkittu ja esitetty samalla tarkkuudella kuin tilatekniikkamoduulin perusratkaisua. Tuotekehityksen kannalta todettiin järkeväksi pitäytyä yksinkertaistetussa ratkaisussa case-kohteeseen, koska muuten ratkaistavia ongelmakohtia voi syntyä liikaa ja moduulin kehitystyö voisi venyä turhankin pitkäkestoiseksi.

5.1 Tuotekehityksen eteneminen

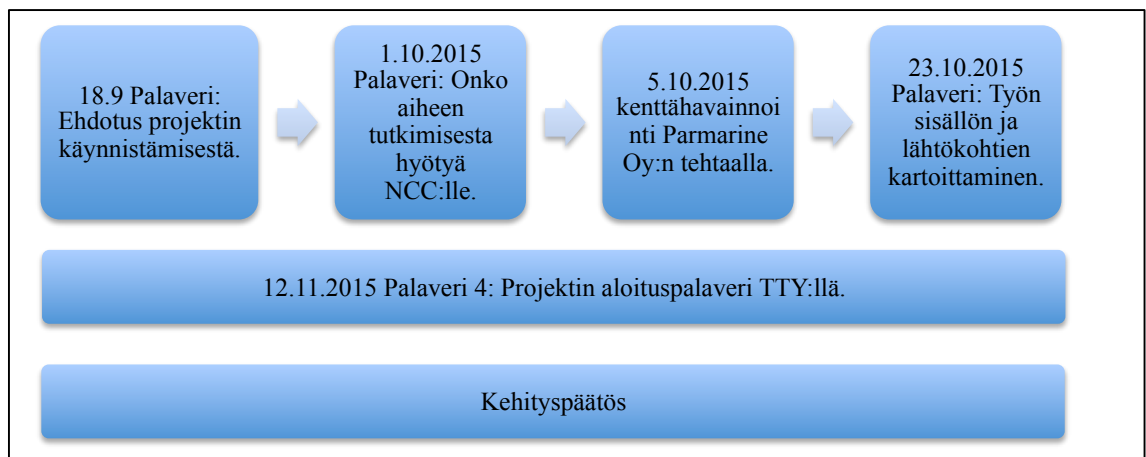
Tutkimuksen aikana pidettiin lukuisia vierailuja ja haastatteluja tilatekniikkamoduulin kehittämiseksi. Tutkijan rooli tässä tutkimuksessa ja tuotekehityksessä oli toimia projektin vetäjänä ja ohjausryhmän ohjauksessa pyrkiä kehittämään moduuli mahdollisimman pitkälle työn aikataulun puitteissa.

Tuotekehitysprojekti käynnistyi kohdeyrityksen työpäällikön ehdotukseen kehittää moduuli. Kehitettävälle moduulille nähtiin heti alkuvaiheessa selkeä tarve. Tämän lisäksi tutkimuksen alkaessa oli mielikuva siitä, että tämänkaltaisen moduulin toteuttaminen on mahdollista. Yksityiskohdat toteutuksesta eivät alkuvaiheessa olleet kovinkaan selvät. Yhdessä työpäällikön kanssa laadittiin ensimmäisen hahmotelma moduulin konseptista. Moduuliin haluttiin alkuvaiheessa mahdollisimman paljon esivalmisteisuutta ja myös eteisen kaapit olivat keittiön lisäksi integroitu moduuliin. Kuvassa 5.1. on esitetty tuotekehityshankkeen käynnistämisvaiheessa laadittu ensimmäinen hahmotelma moduulin konseptista. Konseptissa moduuli on sijoitettu yksiöön, jolloin moduulin sivuilla olevaa keittiötä ja eteisen kaappeja voidaan hyödyntää mahdollisimman hyvin.



Kuva 5.1. Tuotekehityshankkeen käynnistämisvaiheessa laadittu luonnos moduulin konseptista.

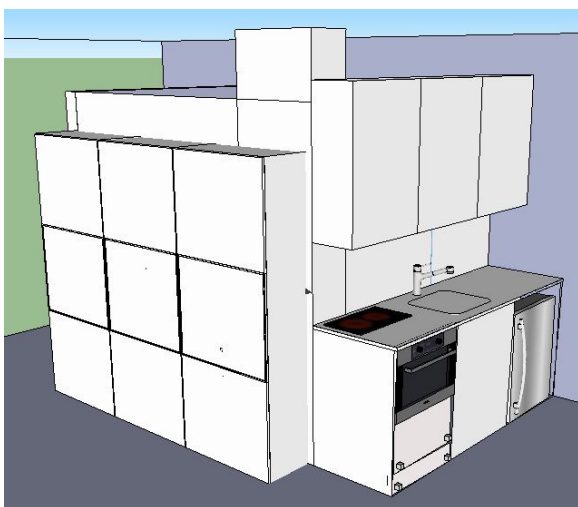
Tähän luonnokseen ja alustavaan tutkimussuunnitelmaan pohjautuen lähestyttiin työpäällikön kanssa kohdeyrityksen suunnittelujohtajaa, joka kiinnostui projektista ja lähti ohjaajaksi tutkimukseen. Tämän jälkeen projektiin saatiin ohjaajaksi myös kohdeyrityksen projektipäällikkö. Hän on muun muassa Semmi-konseptitalohankkeissa suunnittelunohjauksessa ja päättää niissä käytettävistä ratkaisuista. Häneltä tuli ehdotus, että moduulia kehitetään Semmi-konseptin mukaiseen case-kohteeseen, koska case-kohde soveltui pohjaratkaisultaan siihen varsin hyvin. Prosessi eteni kuvan 5.2. mukaisesti. Jos tämän rinnastaa Jokisen (2010) tuotekehitysmalliin, on tämä moduulin tuotekehitysprojektin aloitusvaihe. Huomattavaa on se, että tutkimuksen alkuvaiheessa ei ollut useita projektiehdotuksia, vaan käsiteltiin yhtä kehitysaihetta.



Kuva 5.2. Moduulin tuotekehitysprojektin käynnistämisvaihe. Useita palavereja ja vierailuja pidettiin ennen kehityspäätöksen syntymistä.

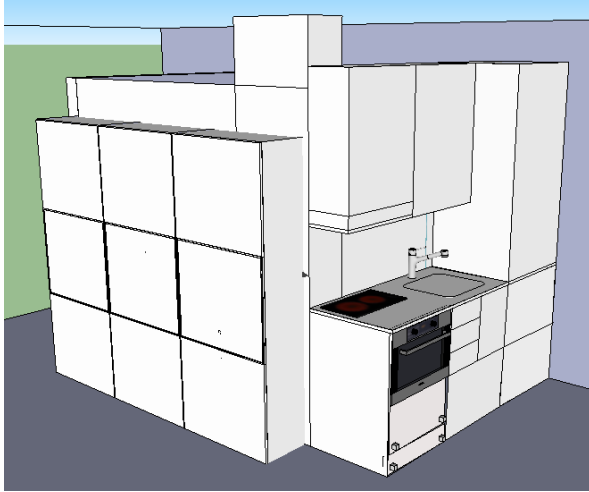
Syntyneen kehityspäätöksen jälkeen alkoi moduulin luonnostelu. Melko varhaisessa vaiheessa tuotekehitystä tuli selväksi se, että tässä projektissa vaatekaappeja ei tulla lisäämään osaksi moduulia. Tällä pyrittiin siihen, ettei moduulin kehittäminen mene liian monimutkaiseksi.

Ensimmäinen malli tilatekniikkamoduulista luotiin 30.11.2015 hyödyntäen casekohteen pohjakuvaa. Luonnosmalli laadittiin yhdessä diplomityön ohjausryhmään kuuluvan työpäällikön kanssa Google SketchUp-ohjelmalla ja sen piirsi työpäällikkö. Ensimmäinen luonnosmalli on esitetty kuvassa 5.3. ja siinä moduulin sivulla on vielä vaatekaapisto.



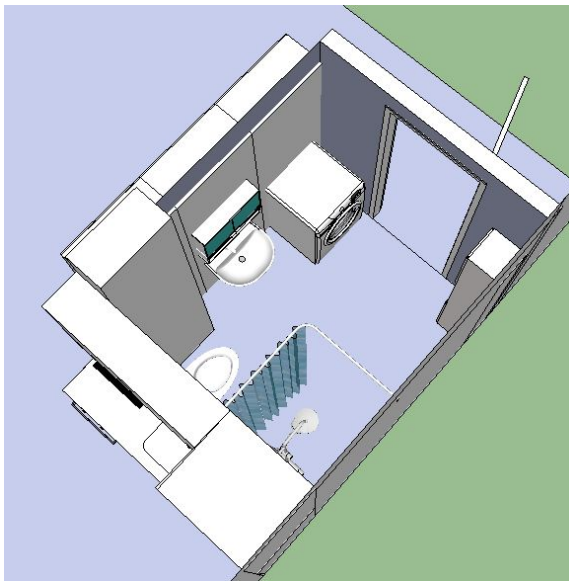
Kuva 5.3. Tilatekniikkamoduulin ensimmäinen luonnosmalli.

Luonnos lähetettiin tämän jälkeen myös projektipäällikölle ja suunnittelujohtajalle. Tämän jälkeen havaittiin nopeasti, että keittiön toiminnallisuutta pitää parantaa, joten luonnoskuvaa muokattiin siten, että se havainnollistaa paremmin kehitettävää tilatekniikkamoduulia. Moduuli on toisessa luonnoksessa kompaktimpi ja toiminnallisempi. Toista luonnosversiota tilatekniikkamoduulista hyödynnettiin osana haastatteluja. Tilatekniikkamoduulissa on myös tässä versiossa vaatekaapit konseptin havainnollistamisen vuoksi. Tilatekniikkamoduulin toinen luonnosmalli on esitetty kuvassa 5.4.



Kuva 5.4. Tilatekniikkamoduulin toinen luonnosmalli, jota käytettiin moduulin periaatteen havainnollistamisessa haastateltaville ja yhteistyössä toimiville yrityksille.

Ensimmäiseen luonnosmalliin verrattuna, toisessa luonnosmallissa kylpyhuonetta ei muutettu. Kylpyhuoneen osalta luonnoskuva on esitetty kuvassa 5.5. Wc-istuimen vasemmalla puolella on havainnollistettu tekniikkahormin sijaintia.



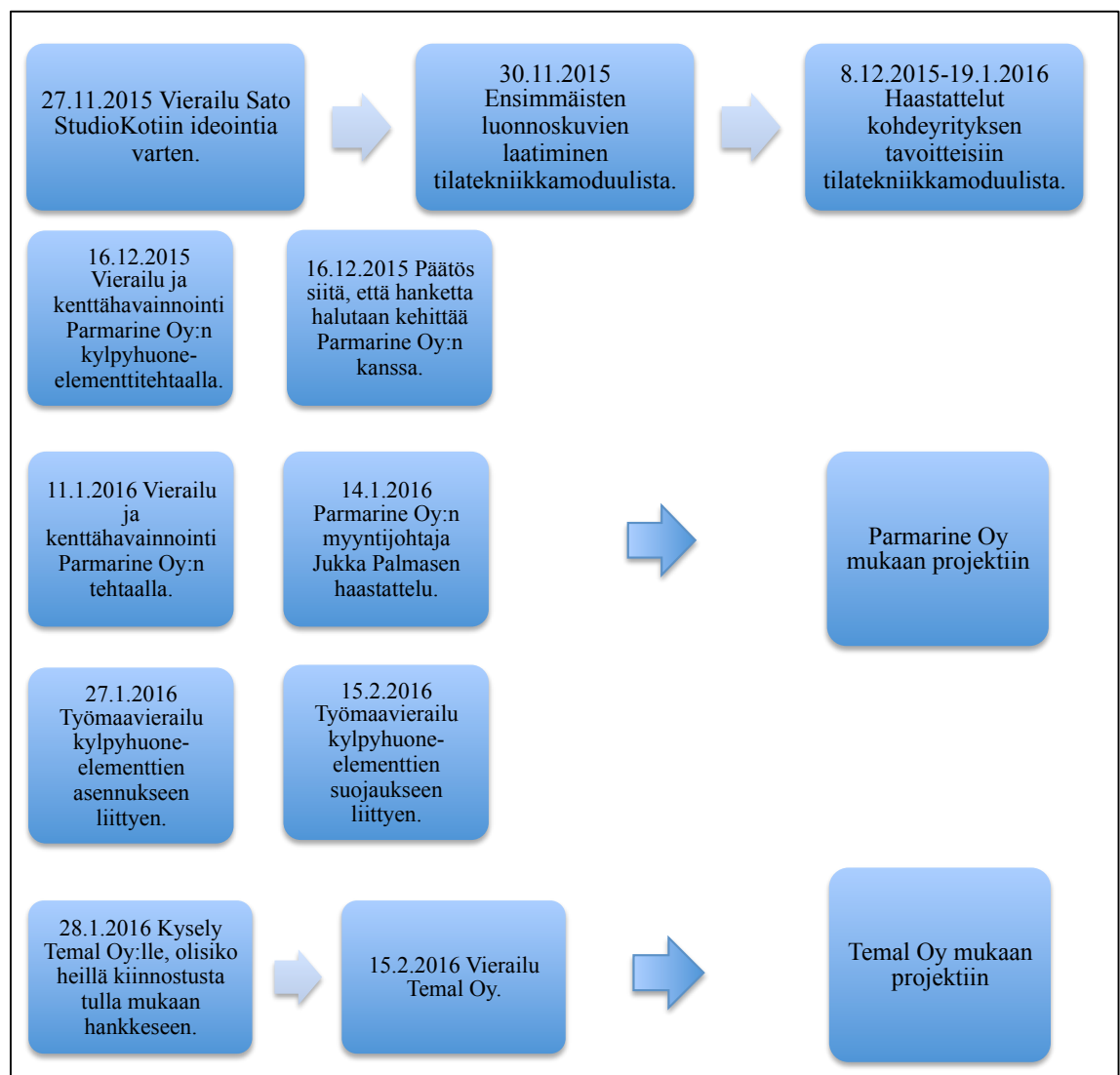
Kuva 5.5. Tilatekniikkamoduulin toisen luonnosmallin mukainen kylpyhuone.

Parmarine Oy:n valikoituminen yhteistyökumppaniksi tuli melko selkeäksi haastattelujen myötä joulukuun 2015 aikana. Selkein syy tähän oli kohdeyrityksen ja Parmarine Oy:n pitkä yhteistyöhistoria. Keittiön osalta projektiin sopivaa yhteistyökumppania pohdittiin ohjausryhmän kanssa pidempään. Yhteistyöhön tarvittiin innovatiivinen yritys, joka on valmis tekemään tavanomaisesta poikkeavia ratkaisuja. Tammikuussa 2016 ohjausryhmän kanssa pidetyn tutkimuksen seuranta- ja ohjauspalaverin tiimoilta päädyttiin siihen, että Temal Oy voisi olla hyvä yhteistyökumppani. Tällöin ohjausryhmän kanssa tehtiin selkeä päätös, että jääkaappipakastin otetaan tässä vaiheessa tilatekniik-

kamoduulista pois ja asennetaan asuntoon erikseen. Tämä mahdollisti keittiön toteutuksen säilytystilan kannalta tehokkaammin.

14.1.2016 haastateltiin Parmarine Oy:n myyntijohtajaa moduulin kehittämiseen liittyen. Tällöin varmistui heidän saaminen mukaan projektiin. Tapaamisessa tuli esille, että ensimmäiseksi case-kohteeseen täytyy saada sopiva keittiötoimittaja, joka ottaa vastuun keittiösuunnittelusta. Tämän jälkeen Parmarine Oy pystyisi hyödyntämään näitä suunnitelmia moduulin suunnitteluun. 15.2.2016 keittiön suunnittelun tiimoilta lähestyttiin Temal Oy:tä ja he lähtivät mukaan projektiin.

Kuvassa 5.6. on esitetty prosessikaavion muodossa tuotekehitysprosessin etenemistä kehityspäätöksen jälkeen. Jokisen (2010) malliin verraten tätä työn vaihetta voidaan pitää tuotekehitysprojektin luonnostelu ja kehittelyvaiheena, vaikka eteneminen ei ole täysin verrattavissa näihin tuotekehitysprojektin osioihin.



Kuva 5.6. Moduulin tuotekehitysprojektin luonnostelu- ja kehittelyvaihe.

Tuotekehityksen luonnostelun ja kehittelyn aikana suoritettiin kenttätutkimuksia kohdeyrityksen työmailla liittyen kylpyhuone-elementtien asennukseen ja suojaukseen. Työmaalla esiintyi haastava tilanne tilatekniikkamoduulin kannalta, joka korostaa suojauksen tärkeyttä. Kuvassa 5.7. aliurakoitsija tekee välipohjan ontelolaattoihin reikiä, jotta vesi pääsee poistumaan rakenteista aina alimpaan kerrokseen saakka. Kevytpeitteellä suojattu suojausmuoveissa oleva kylpyhuone-elementti on kuvassa perällä.



Kuva 5.7. Havainnollistava esimerkki tilatekniikkamoduulin kannalta haastavista työmaaolosuhteista helmikuussa. Välipohjan ontelolaattoihin joudutaan poraamaan reikiä, jotta ylemmiltä holveilta tuleva vesi saadaan poistettua.

4.3.2016 Temal Oy:ltä saapuivat ensimmäiset luonnoskuvat liittyen moduuliin. Heiltä pyydettiin kaksi luonnoskuva, jotka pohjautuivat case-kohteen kylpyhuone-elementtiin. Toinen näistä oli suunniteltu kylpyhuone-elementin lyhyelle sivulle ja toinen pitkälle sivulle. Tämä sen vuoksi, että näillä ratkaisuilla pystyttäisiin vastaamaan kokonsa puolesta erilaisiin asuntotyyppeihin. Temal Oy:n suunnittelijan laatima luonnoskuva pienemmästä keittiöstä on esitetty kuvassa 5.8. Kuvassa keittiön sivuilla on seinät mallinnusohjelman vuoksi, mutta todellisuudessa seinät eivät tule olemaan kohteessa kuvan mukaisella tavalla.



Kuva 5.8. Temal Oy:n laatima moduulin keittiön luonnos, jossa keittiö on lyhyellä sivulla.

Isomman keittiön luonnoskuva on esitetty kuvassa 5.9. Keittiön sijoittaminen moduulin isommalle sivulle mahdollisti muun täysimittaisen liedен ja astianpesukoneen käyttämisen.



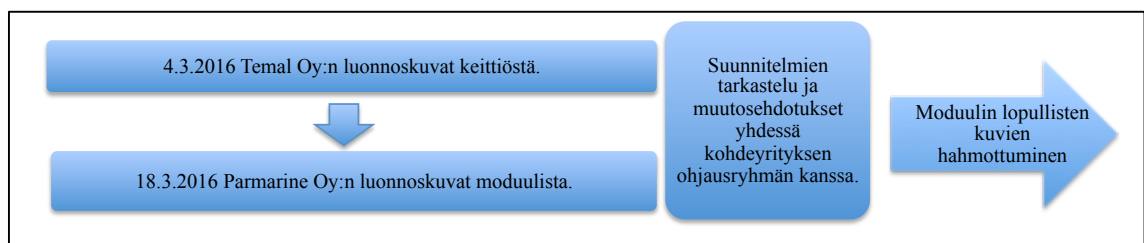
Kuva 5.9. Temal Oy:n laatima moduulin keittiön luonnos, jossa keittiö on pitkällä sivulla.

Keittiön luonnoskuvien saapumisen jälkeen, käsiteltiin ne jokaisen ohjausryhmässä toimineen henkilön kanssa läpi. Parannusehdotuksia tuli hieman liittyen mikroon ja uuniin

sekä keittiön toiminnallisuuteen. Mikro ja uuni haluttiin yhdistelmäuniksi, jolla saadaan lisättyä muuten vähäistä kaappitilaa. Tämän lisäksi kaappiratkaisujen parempaa toiminnallisuutta ja innovatiivisuutta ehdotettiin.

Ohjausryhmän kommentoinnin pohjalta Temal Oy:lle ilmoitettiin tarvittavien muutosten tekemisestä. Jo ennen tätä vaihetta Temal Oy:n suunnitelmat keittiöstä lähetettiin Parmarine Oy:lle, jotta he voivat alkaa pohtimaan tilatekniikkamoduulin teknistä toteutusta ja märkätilassa käytettäviä ratkaisuja. 18.3.2016 saapuivat Parmarine Oy:n suunnitelmat moduulista. Nämä esiteltiin ohjausryhmälle ja myös niiden osalta tuli muutoksia. Kun muutokset lopulta saatiin toteutettua, alkoi tilatekniikkamoduulin lopullinen muoto hahmottua.

Kuvassa 5.10. on pyritty havainnollistamaan prosessikaavion muodossa suunnitelmien kehittelyä ja sitä, kuinka päästiin kohti tutkimuksessa saatuja lopullisia moduulin kuvia.



Kuva 5.10. Suunnittelun eteneminen luonnoskuvien osalta.

Parmarine Oy:n laatimat suunnitelmat tilatekniikkamoduulista ovat tässä tutkimuksessa tuotekehitysprojektin viimeistelyvaiheen asioita, joista saadaan yksityiskohdat, muoto ja viimeistely moduulista. Kuitenkin samalla tulee pitää huomioida, että tutkimuksessa kehitetään demo-tuotetta, eikä täysin lopullista versiota moduulista. Tilatekniikkamoduuli ja siihen liittyvät ratkaisut esitellään seuraavassa alaluvussa.

5.2 Tilatekniikkamoduuli

Tilatekniikkamoduulista on kehitetty kaksi versiota, joista toinen on isolle ja toinen pienelle asuntotyypille. Demo-versioiden hyödyntämistä kohdeyrityksessä käsitellään viimeisessä luvussa tarkemmin.

Moduulin kokoonpano suoritetaan Parmarine Oy:n tehtaalla. Keittiön valmistaa ja toimittaa tehtaalle Temal Oy. Mahdolliset kodinkoneet tehtaalle toimittaa Electrolux Oy Ab. Kylpyhuoneen puolen toteutuksessa suurena etuna on se, että kohdeyritys ja moduulin valmistaja ovat jo aikaisemmin sopineet keskenään toimivat toteutus- ja laadunvarmistusmenetelmät märkätiloihin.

Tilatekniikkamoduulin painoa arvioitiin Parmarine Oy:n arviolla, joka oli noin 450 kg/m² kylpyhuone-elementille. Kun tämä lasketaan käsittämään koko moduulin pinta-

ala, eli myös keittiön osuus huomioidaan, saadaan karkea arvio moduulin painosta. Tilaustekniikkamoduulin dimensiot ja painot ovat:

- pienemmän asuntotyypin moduuli 1950x2895 mm, paino luokkaa 2600 kg.
- isomman asuntotyypin moduuli 2250x2600 mm, paino luokkaa 2660 kg.

Kylpyhuone

Kylpyhuone toteutetaan seuraavalla tavalla:

- Pohjalaatta on teräsbetonilaatta 100 mm. Laatta on vesieristetty määräysten mukaisesti. Lattiassa on sähköinen mukavuuslattialämmitys.
- Wc-istuin on lattiaan kiinnitettävä ja kiinnitetään siihen sopivalla liimamassalla.
- Seinät ovat teräsohutlevykasettirunkoa 50 mm. Seinillä ei ole erillistä vesieristystä teräsohutlevykasettirungon vuoksi, koska runko toimii vesieristeenä.
- Kylpyhuoneen seinät pinnoitetaan siten, että määräykset täyttävä ääneneristävyys toteutuu. Tämä voidaan tehdä joko kaksinkertaisella kipsilevyllä tai vastaavanlaisen ääneneristävyyden omaavalla levyllä.
- Katto on polyesteri-pinnoitettu teräsohutlevykasetti 50 mm. Vaihtoehtoisesti moduulissa voidaan käyttää myös paneelikattoa.
- Märkätilan laatoitus toteutetaan kohdeyrityksen haluamalla tavalla pilottikohteessa.
- Märkätilan valaistusratkaisut toteutetaan kohdeyrityksen haluamalla tavalla pilottikohteessa.
- Allas- ja pyykkikaapissa tullaan hyödyntämään Temal Oy:n polyvinyylikloridista muovirunkoa paremman kosteuskäytävyyden saavuttamiseksi.

Keittiö

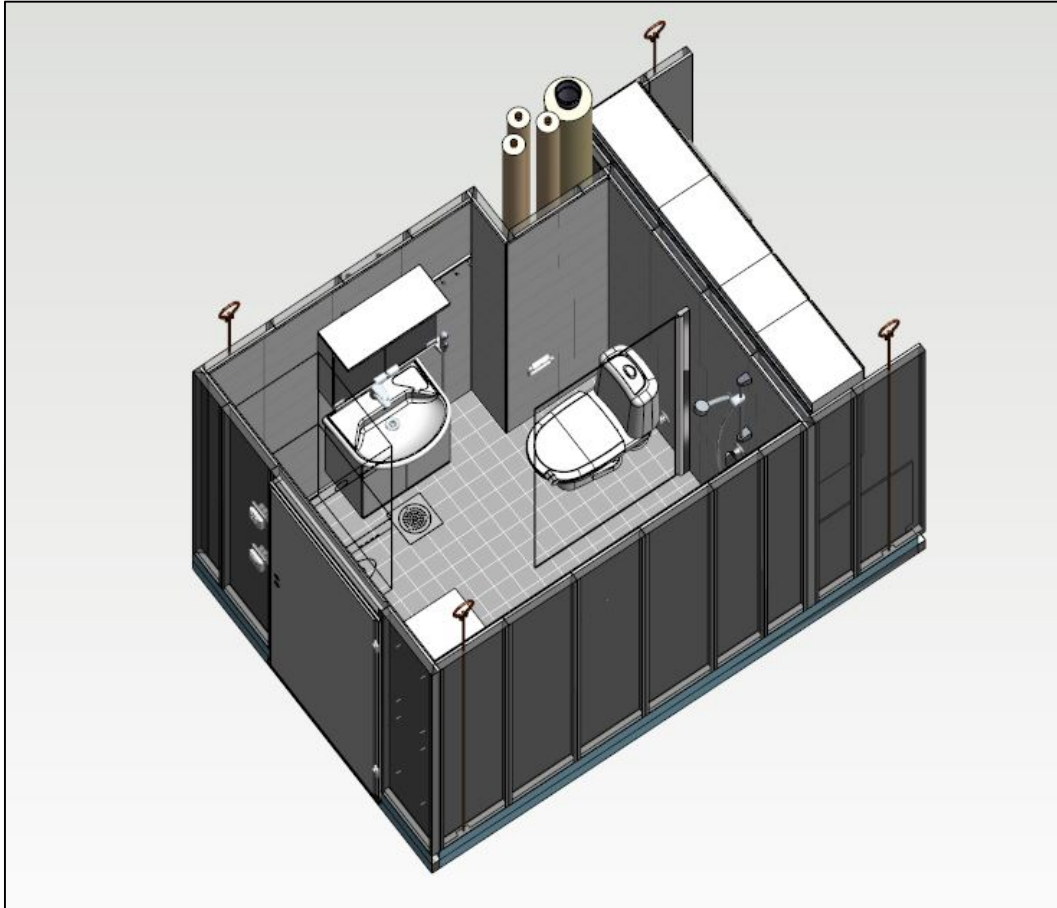
Keittiö toteutetaan seuraavalla tavalla:

- Kylpyhuoneen teräsbetoninen pohjalaatta jatkuu keittiön alle ja keittiö on pohjalaatan päällä. Vedeneristys jatketaan pohjalaatassa keittiön alle.
- Keittiön ja kylpyhuoneen välinen seinä tulee myös pinnoittaa levyllä, jotta ääneneristävyys toteutuu. Tämä voidaan toteuttaa joko kaksinkertaisella kipsilevyllä tai vastaavanlaisen ääneneristävyyden omaavalla levyllä. Levytyksen yläpuolen tiivistämien tehdään huolellisesti ääneneristävyyden vuoksi.
- Tarvittavat vuotokaukalot ja vuodonilmaisut kodinkoneille toteutetaan erillisten valmiiksi hyväksytyjen suunnitelmien mukaan.
- Kalusterunko on Temal Oy:n valmistama. Materiaali on polyvinyylikloridia.
- Keittiön kaapiston ovet asennetaan työmaalla, koska niissä käytetään tavanomaista kalustemateriaalia.

- Ala- ja yläkaappien väliä eli keittiön välitilaa ei laatoiteta, vaan käytetään levymäistä ratkaisua.
- Keittiön tasona käytetään kosteutta kestävästä materiaalia, esimerkkinä kivi tai massapuristetut levyt.
- Kodinkoneet:
 - Yhdistelmäuuni
 - Liesi
 - Pienemmän asuntotyyppin moduulissa 290 mm
 - Isommassa asuntotyyppin moduulissa 600 mm
 - Liesikupu
 - Pienemmän asuntotyyppin moduulissa 500 mm
 - Isomman asuntotyyppin moduulissa 600 mm
 - Astianpesukone
 - Pienemmän asuntotyyppin moduulissa 450 mm
 - Isomman asuntotyyppin moduulissa 600 mm
 - Keittiön puolen tarvittavat liitokset kodinkoneille on suoritettu valmiiksi tehtaalla.
- Jääkaappi asennetaan asuntoon erillisenä moduulista irrallisena osana.
- Keittiön tasotilaa voidaan tarvittaessa lisätä. Tämä tapahtuu työmaalla asennettavalla kuiva-osalla, joka ei tahdista parketin tai laminaatin asennusta. Keittiön kuiva-osa toteutetaan saarekkeena.

5.2.1 Pienemmän asuntotyyppin moduuli

Pienemmän asuntotyyppin moduulia on havainnollistettu kuvassa 5.11. Teknisinä seikoina kuvasta tulevat esille muun muassa nostolenkkien sijainti ja tekniikkahormissa kulkevat vesijohtonousut ja viemärinousu. Kuvassa ei ole mallinnettu ilmanvaihtokanavia.



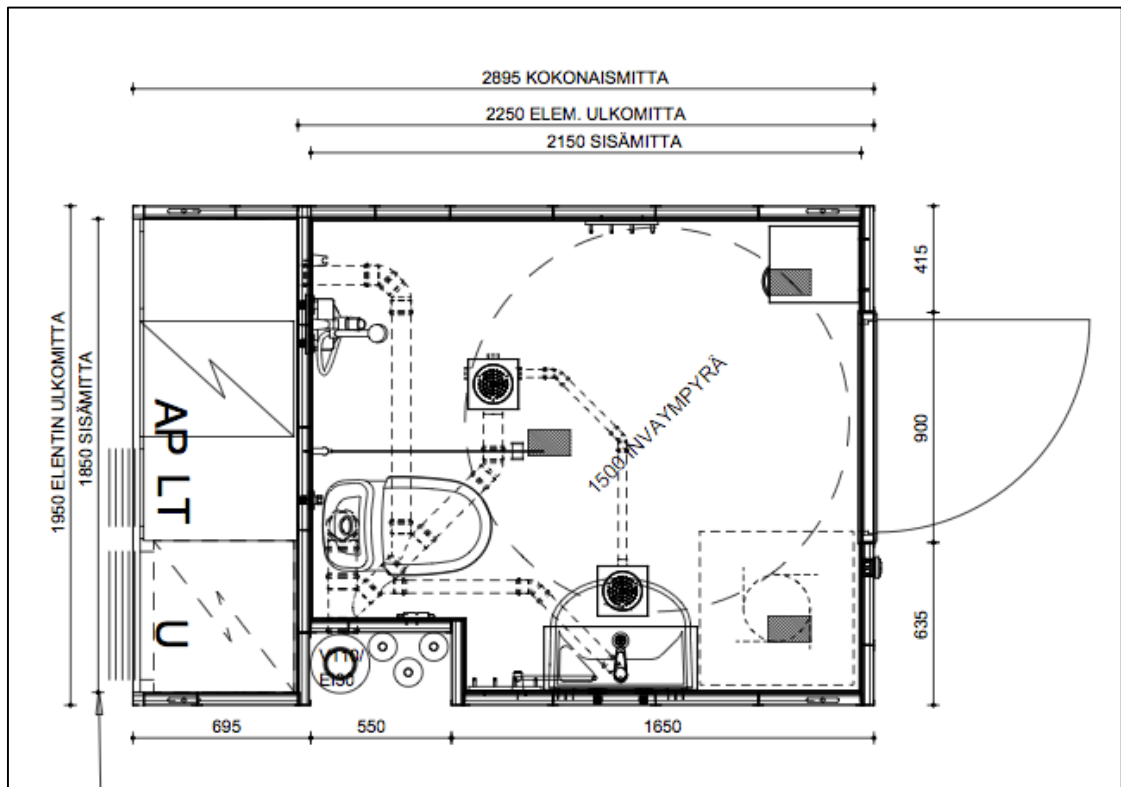
Kuva 5.11. Pienemmän asuntotyypin moduuli mallinnettuna.

Kuvassa 5.12. on moduulin keittiö mallinnettuna. Muutokset ensimmäisiin luonnoksiin verrattuna liittyvät altaan kokoon sekä yhdistelmäuniin. Parmarine Oy:ltä tuli esille, että ensimmäisiin luonnoskuviin verrattuna keittiötä piti kaventaa yhteensä 100 mm, joka omalta osaltaan muutti keittiön sisältöä.



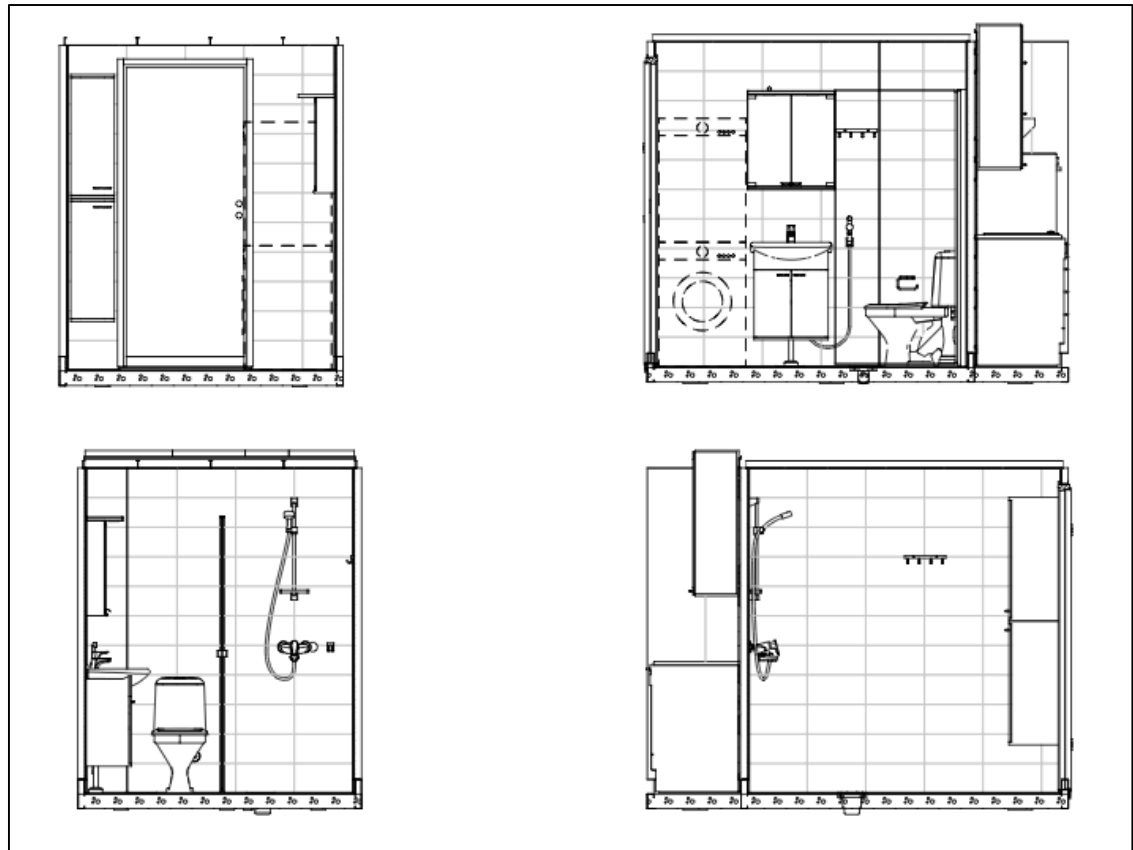
Kuva 5.12. Pienemmän asuntotyypin keittiö.

Kuvassa 5.13. on esitetty moduulin pohjakuva. Tummanharmaat suorakulmiot pohjaku-
vassa kuvastavat asennusvälikkeiden sijaintia, joista keittiön alle jääviä ei ole mallissa
esitetty. Kuvasta näkyvät myös pohjalaatassa kulkevat viemäriverdot.



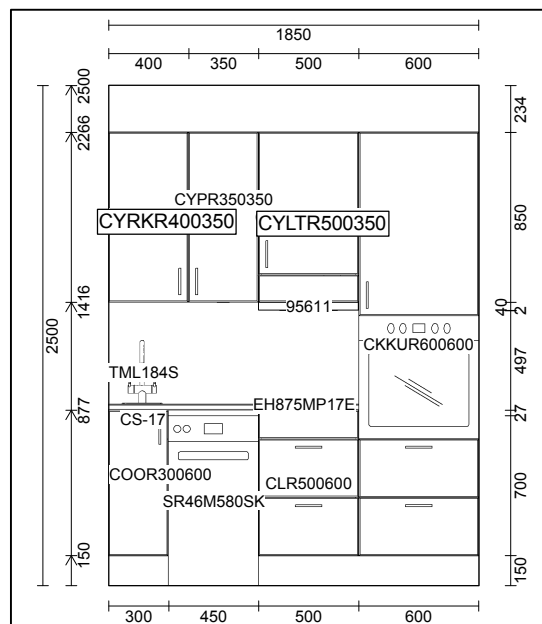
Kuva 5.13. Pienemmän asuntotyypin moduulin pohjakuva.

Kuvassa 5.14. on esitetty moduulin leikkaukset. Leikkauskuvista näkyy pohjalaatan vieminen keittiön alle.



Kuva 5.14. Pienemmän asuntotyypin moduulin leikkaukset.

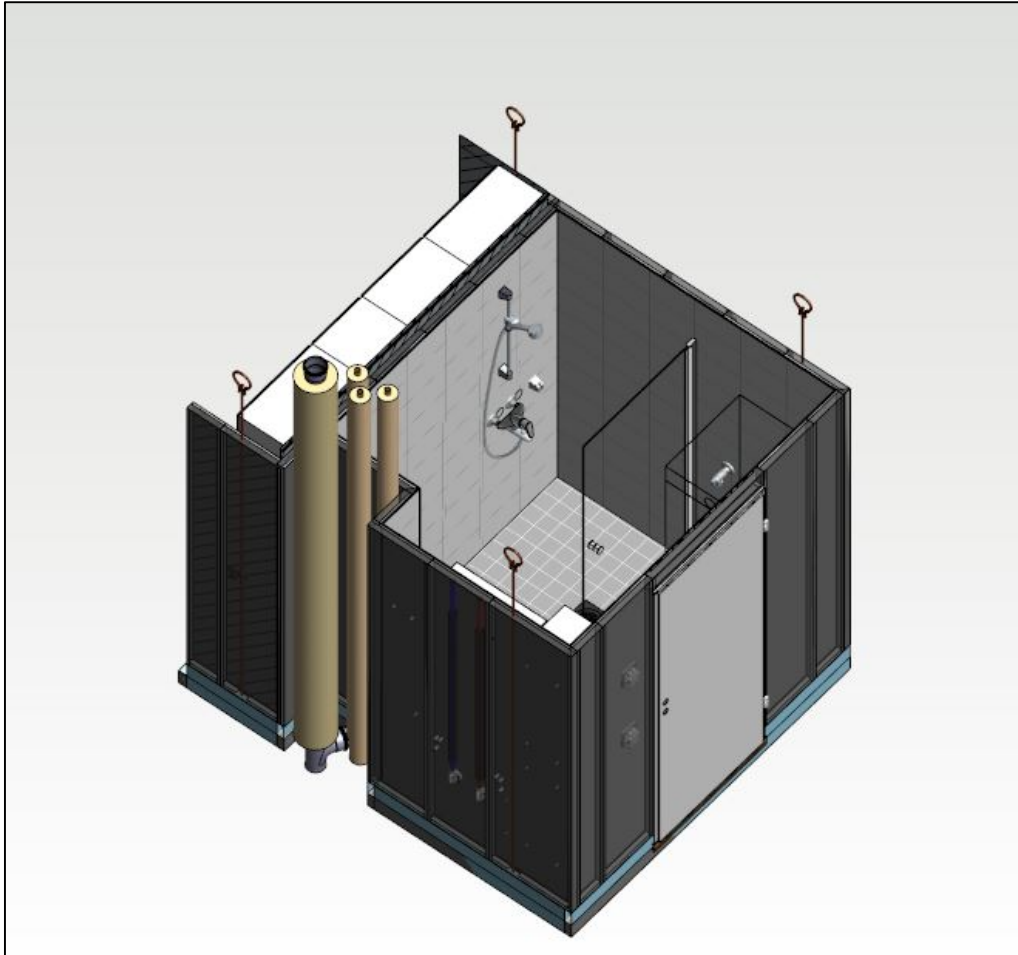
Pienemmän asuntotyypin keittiön naamakuva mittoineen on esitetty kuvassa 5.15.



Kuva 5.15. Pienemmän asuntotyypin keittiön naamakuva.

5.2.2 Isomman asuntotyypin moduuli

Isomman asuntotyypin moduuli on havainnollistettu kuvassa 5.16. Isomman asuntotyypin moduulin ominaisuudet ovat samankaltaisia, kuin pienemmässäkin asuntotyyppissä.



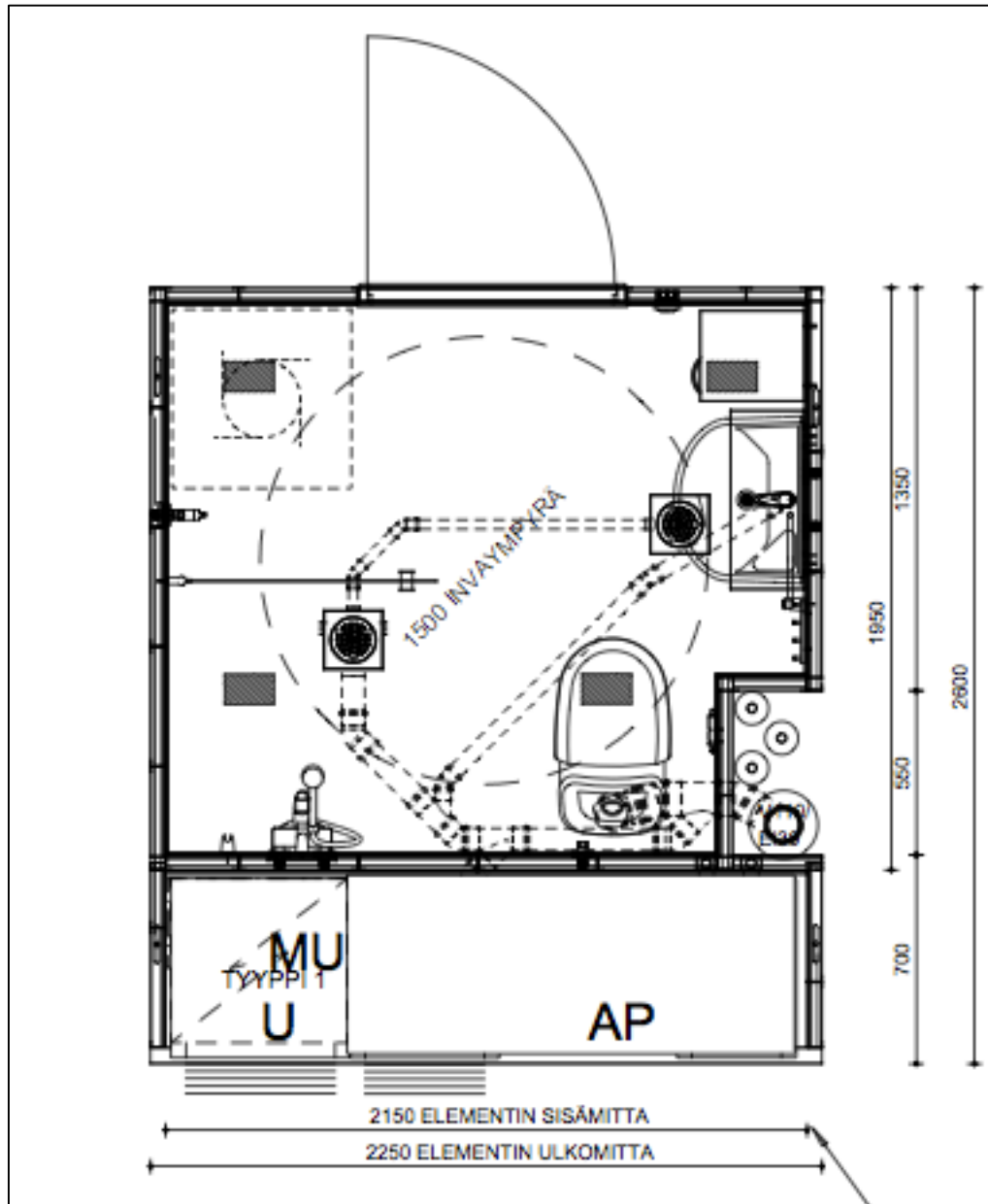
Kuva 5.16. Isomman asuntotyypin moduuli mallinnettuna.

Kuvassa 5.17. on esitetty moduulin keittiö mallinnettuna. Keittiössä on täysimittainen uuni sekä liesi suuremman leveyden ansiosta. Kavennuksen vuoksi myös tähän malliin tuli pieni tiskiallas.



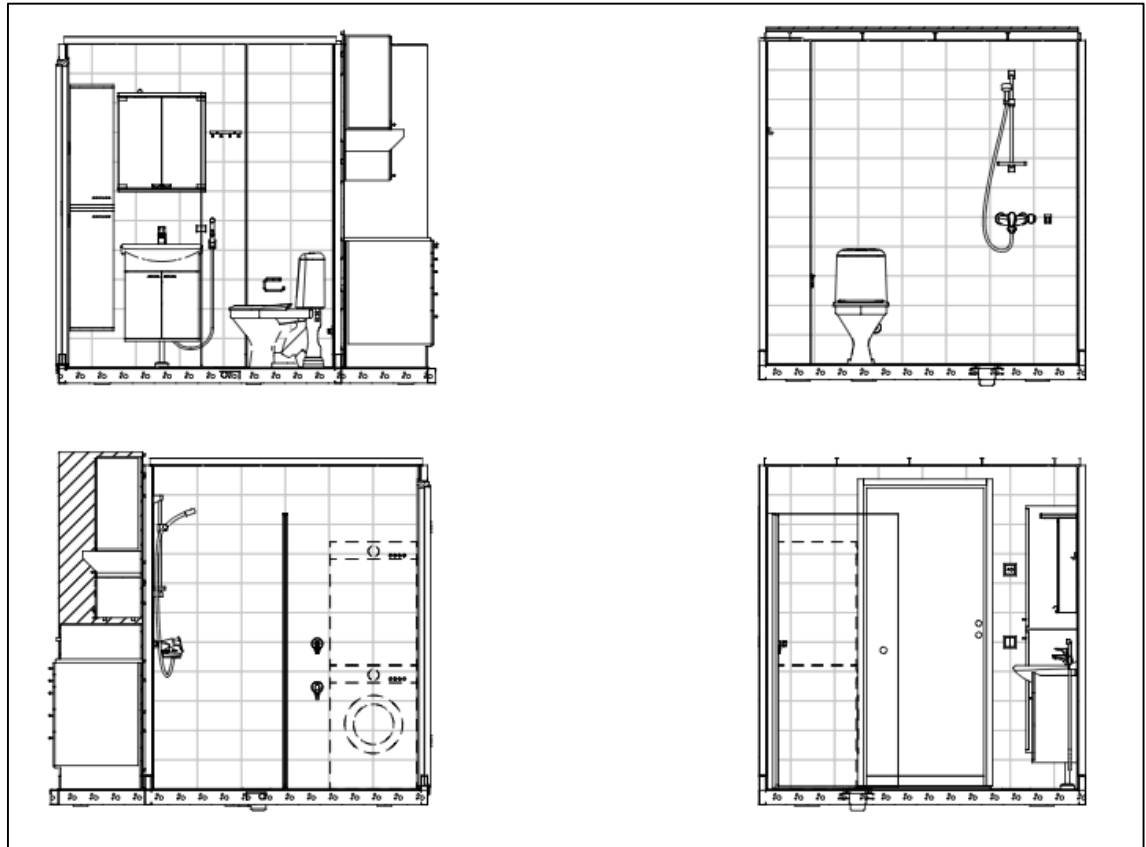
Kuva 5.17. Isomman asuntotyypin keittiö.

Kuvassa 5.18. on esitetty moduulin pohjakuva.



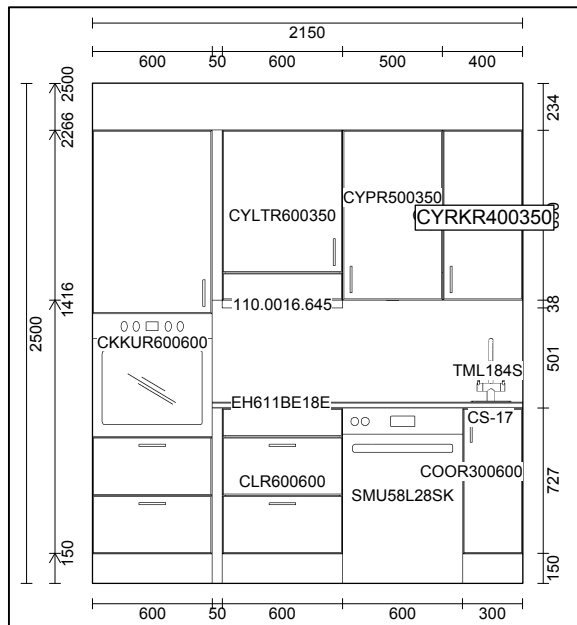
Kuva 5.18. Isomman asuntotyypin moduulin pohjakuva.

Kuvassa 5.19. on esitetty moduulin leikkaukset.



Kuva 5.19. Isomman asuntotyypin moduulin leikkaukset.

Isomman asuntotyypin keittiön naamakuva on esitetty kuvassa 5.20.



Kuva 5.20. Isomman asuntotyypin keittiön naamakuva.

5.2.3 Talotekniikka

Tilatekniikkamoduulin talotekniikka pohjautuu case-kohteen ominaisuuksiin. Case-kohteessa on käytössä tehdasesivalmisteiset betonirunkoiset Elpo-hormi nousuputkisto-elementit. Näihin on sijoitettu ilmanvaihtohormit ja huoneistojen sähköjen nousujohdot. Ilmanvaihto- ja sähkönousut eivät siis ole osana moduulin tekniikkahormia. Case-kohteessa ilmanvaihtojärjestelmä on keskitetty, joten moduuliin ei integroida huoneistokohtaista ilmanvaihtokonetta.

Tilatekniikkamoduulissa on tekniikkahormi, johon on sijoitettu vesijohto- ja viemärinousut. Nousujen asuntojen välinen palokatko toteutetaan siten, että se täyttää palo-osastoinnin määräykset. Märkätilan puolella tulee huolehtia vesijohtojen vaihdettavuudesta. Tämä toteutetaan tarkistusluukun avulla. Vesijohtojen vuodonilmaisuus tulee myös toteuttaa. Se toteutetaan esimerkiksi siten, että vesijohdoilla on tekniikkahormissa vuotovesiallas, jonka kautta vuotava vesi menee märkätilan puolella olevaan vuodonilmausimeen.

Moduuliin on integroitu ilmanvaihdon osalta samoja taloteknisiä ratkaisuja kuin case-kohteen kylpyhuone-elementissä. Muun muassa poistoilmakanavat sekä pesuhuoneelle, että asunnolle ja liesikuvulle ovat integroitu moduuliin. Tämän lisäksi tuloilmakanava pyritään integroimaan moduuliin.

Sähköjen osalta moduuliin integroidaan tavanomainen tekniikka, jonka myös kylpyhuone-elementti vaatii. Näitä ovat muun muassa pistorasiat, katkaisimet ja näiden tarvitsemat sähkövedot. Lisänä kylpyhuone-elementtiin nähden, moduulissa on suoritettu tehtaalla myös keittiön osalta tarvittavia sähköasennuksia.

5.2.4 Logistiikka

Tilatekniikkamoduulien logistiikka suoritetaan samalla periaatteella kuin Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementeillä. Erikoiskuljetuksille ei ole tarvetta, koska tilatekniikkamoduulin mitat ja paino pysyvät normaalikuljetusten mittarajoissa. Kuvassa 5.21. on esitetty periaate, jonka mukaisesti tilatekniikkamoduuleja nostetaan pois kuormasta. Samasta kuvasta ilmenee moduulien kuljetuksen periaate yhdistelmä-ajoneuvossa. Kuvassa on kylpyhuone-elementtien nostotyö meneillään ja osa elementeistä on jo nostettu pois kuormasta.



Kuva 5.21. Periaate, jonka mukaan tilatekniikkamoduulit nostetaan pois kuormasta ja sijoitetaan kuljetettaessa.

5.2.5 Suojaus

Tilatekniikkamoduulien suojaus on yksi työn suurimmista haasteista ja se vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka paljon moduulin keittiöosuuteen saadaan integroitua tekniikkaa, kuten kodinkoneita. Tässä osiossa suojausta on pohdittu siten, että myös kodinkoneet olisivat osana kylpyhuone-elementtiä, vaikka pilottikohteessa moduulia voitaisiin kokeilla aluksi ilman kodinkoneita.

Moduulin vaurioille altein osuus on keittiö, koska siinä on ulokemaisena rakenteena valmiita pintoja. Keittiö suojataan siten, että keittiön osuuden kohdalla käytetään levyä, joka suojaa runkoa vaurioitumiselta kuljettamisen ja rakennustyön aikana. Levymateriaali tulee miettiä erikseen moduulin valmistajan kanssa. Kodinkoneiden osalta säännestö voidaan toteuttaa puhaltimien avulla, jotka kytketään työmaa-aikaiseen sähkөөn moduulien saapuessa työmaalle. Puhallinratkaisu rakennettaisiin moduulin sisään siten, että lämmin ilmavirta kiertää sekä keittiön, että kylpyhuoneen puolella. Virtapistoke puhalltimelle tulisi sijaitsemaan moduulin oviaukon läheisyydessä, jotta sen kytkentä työmaalla olisi mahdollisimman helppoa.

Mikäli moduuleja joudutaan välivarastoimaan työmaalla, on pidettävä erityishuoli siitä, että suojaus on ehjä. Tämän lisäksi puhallin tulee kytkeä kiinni, mikäli moduuleja joudutaan säilyttämään pidempiä aikoja välivarastointipaikalla. Työmaan tulee lisäksi tule varmistua alustan tasaisuudesta ja siitä, että käytetään aluslevyjä ja aluspuita. Parmarine Oy:n tehtaalla maaliskuussa käydyssä tapaamisessa tuli ilmi, että myös he joutuvat mahdollisesti säilyttämään kylpyhuone-elementtejään ulkotiloissa. Tämä on mahdollinen ongelma, koska tehtaan välivarastointipaikassa ei ole mahdollista kytkeä moduuleja

järkevällä tavalla sähköön. Tehdas pystyy alustavien keskustelujen pohjalta kuitenkin tarvittaessa vastaamaan tähän ongelmaan tuotannon oikea-aikaisella ohjauksella.

Moduulin katolla hyödynnetään lähtökohtaisesti peltikattoa, jossa on kallistus. Peltikatto asennetaan moduulin päälle esimerkiksi teräsrankojen varaan jo tehtaalla. Tällöin tulee kuitenkin huomioida talotekniikan mahtuminen suojauksen ja välipohjan väliin. Teräsrankat voivat tarvittaessa jäädä moduulin katolle peltikaton poistamisen jälkeen, mikäli nähdään, että niistä ei synny ongelmia. Tämän lisäksi tulee huomioida nostolenkkien sijainti ja poistettavuus. Peltikaton kaato voi olla vähäinen ja silti riittävä. Tämänkaltaista suojausmenetelmää oli ehdotettu myös NCC:ssä osana kylpyhuoneelementtien laadunhallintaa käsittelevää opinnäytetyötä.

5.2.6 Asentaminen

Tilatekniikkamoduulin asentaminen suoritetaan samalla periaatteella kuin kylpyhuoneelementti, jonka asentamista on kuvailtu luvussa 2.5.3. Tilatekniikkamoduulin asennuksessa on kiinnitettävä erityishuomio siihen, ettei keittiön puoleinen osuus pääse vaurioitumaan asennustyön aikana. Kun moduuli valetaan kiinni välipohjaan on muistettava käyttää irrotuskaistaa myös keittiön osuuden kohdalle tulevassa pohjalaatassa, aivan kuten kylpyhuone-elementissä.

Kun moduuli on asennettu oikealle paikalleen, kytketään puhallin kiinni työmaan sähköön mahdollisimman nopeasti. Näin varmistutaan siitä, että lämmin ilma alkaa kiertää moduulin sisällä taaten parhaat olosuhteet materiaalien kosteudenkestolle.

5.2.7 Käyttökohteet

Tilatekniikkamoduulia tullaan käyttämään aluksi kohdeyrityksen konseptitalohankkeissa. Potentiaalisin ensimmäinen käyttökohde on Semmi-konseptitalo, jonka pohjalta tilatekniikkamoduuli on tässä työssä suunniteltu.

Tulevaisuudessa konseptitalojen jälkeen, moduulia voidaan onnistuessaan hyödyntää muissakin kohdeyrityksen hankkeissa. Tilatekniikkamoduulin käyttökohteet eivät ole rajoittuneita asumismuotoon.

5.3 Visio moduulin mahdollisimman optimaalisesta ratkaisusta

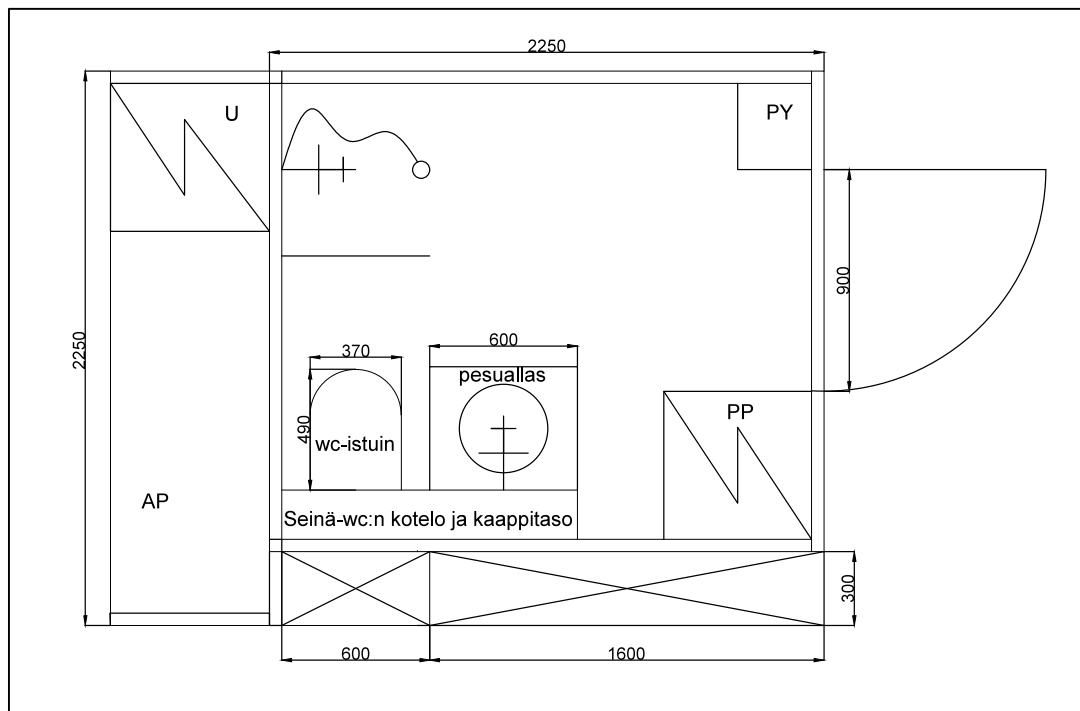
Tämä ratkaisu perustuu siihen, että tekniikkahormi on integroitu moduuliin ulokkeena. Tämän johdosta kylpyhuoneeseen tulee sisäpuolelle enemmän tilaa ja se voidaan toteuttaa vapaammin. Tilatekniikkamoduulissa tekniikkahormi on taas kylpyhuoneen sisällä kotelona. Tilan loppuessa kesken case-kohteen moduulin mitoilla ei ollut mahdollista rakentaa kylpyhuonetta kohdeyrityksen halun mukaisesti.

Tekniikkahormin siirtäminen moduulin ulkoseinän puolelle vaikuttaa seuraaviin asioihin:

- kylpyhuoneeseen tulee lisää tilaa
- mahdollisesti myös ilmanvaihto ja sähkönousut saadaan mahdutettua moduulin tekniikkahormiin
- tekniikkahormin kytkentämahdollisuus on mahdollinen useammasta suunnasta
- keittiö voidaan toteuttaa isomman asuntotyypin moduulin leveydellä
- pohjalaattaan joudutaan tekemään uloke, jotta leveämpi keittiö saadaan lepäämään sen päällä.

Kohdeyrityksellä oli halu rakentaa kylpyhuone tavalla, jollaista ei oltu tavanomaisissa kylpyhuone-elementeissä tähän mennessä käytetty. Valitettavasti tähän ei päästy moduulin koon tullessa rajoittavaksi tekijäksi. Tässä ratkaisussa kylpyhuoneessa on seinä-wc ja käsienpesuallas vierekkäin. Seinä-wc:n tekniikan vaatima kotelo jatketaan käsienpesualtaan taakse. Koteloa hyödynnetään tasona ja sen päälle voidaan rakentaa kaappi. Seinä-wc:n takana sijaitsee tekniikkahormi. Moduulin ulkomitat ovat muuten samat kuin case-kohteessa, paitsi tekniikkahormi tuo ulokkeena 300 mm lisää leveyttä, joka mahdollistaa keittiön leveämmän toteutuksen moduuliin. Vaikka tämä ratkaisu ei välttämättä täytä kaikkia viranomaismääräyksiä, vision idea tulee tästä ratkaisusta hyvin esille.

Tulevaisuudessa myös tämän ratkaisun toteutettavuutta voitaisiin tutkia tarkemmin. Moduulin mahdollisimman optimaalisen ratkaisun ideaa on esitetty kuvassa 5.22.



Kuva 5.22. Hahmotelma moduulin mahdollisimman optimaalisesta ratkaisusta.

6. TUOTANTOMENETELMÄN ARVIOINTI CASE-KOhteessa

Tässä luvussa arvioidaan tilatekniikkamoduulin käyttämisestä saavutettavia hyötyjä ja mahdollisia riskejä. Tutkimus pohjautui siihen oletukseen, että tilatekniikkamoduulin käytöllä voidaan saavuttaa kustannus- ja aikatauluhyötyä. Alaluvussa 2.3. käsiteltiin esivalmisteisuuteen ja moduulirakentamiseen liittyviä hyötyjä ja rajoituksia. Tässä luvussa esitetyt arviot pohjautuvat aiemmin esitettyyn teoriaan ja tutkijan omiin arvioihin moduulin käytön hyödyistä. Moduulin käyttöön liittyviä riskitekijöitä on esitetty luvun lopussa.

Case-kohteessa käytetään kylpyhuone-elementtejä ja kustannusanalyysiä on suoritettu siten, että uuden tuotantomenetelmän hyötyjä verrataan kylpyhuone-elementin käyttämiseen. Onkin huomionarvoista, että pelkän kylpyhuone-elementin käyttämisessä on monia esivalmisteisuuteen liittyviä etuja, joita ei tulla käsittelemään tässä luvussa yhtä tarkalla tarkastelutasolla. Aikataulullisesti pitkäkestoinen työvaihe märkätiloissa on perinteisesti ollut kaatolattioiden tekeminen. Tämän työvaiheen poistuminen työmaalta on yksi suurimmista hyödyistä, joita kylpyhuone-elementeillä voidaan saavuttaa. Kylpyhuoneessa on keskimäärin myös eniten työntekijöitä yhtä huonetta kohden koko rakennustyömaalla. Toinen suuri etu kylpyhuone-elementtien käytössä on se, että työmaalla ei tarvitse suorittaa märkätilan osalta työvaiheita, joka vaatii useita aliurakoitsijoita ja näin ollen myös pääurakoitsijan laadunohjaustoimenpiteitä. Kolmas mainittava etu on se, että kylpyhuone-elementteihin voidaan integroida talotekniikkaa, joka vähentää taloteknisten töiden määrää asunnoissa paljon. Tämä on toki kohteesta riippuvainen asia. Tilatekniikkamoduulilla saavutettavat hyödyt ovat lisäarvoa muun muassa näihin kylpyhuone-elementeillä saavutettaviin hyötyihin.

Tilatekniikkamoduulissa työsaavutuksen arviointia on suoritettu tarkemmin keittiön osalta hyödyntäen muun muassa Ratu-0421-korttia ja asiantuntijoiden arvioita. Suuri osa luvussa käsiteltävistä kustannussäästöistä syntyy epäsuorista lähteistä, joita on hankala mitata rahallisesti luotettavalla tavalla. Tämän takia näihin etuihin ei ole liitetty tarkkaa euromääristä kustannusten analysointia.

Luvun alussa esitellään case-kohde ja tilatekniikkamoduulin sijoittaminen kohteeseen. Tämän jälkeen esitetään kustannusten arviointi liittyen tilatekniikkamoduulin käyttämiseen.

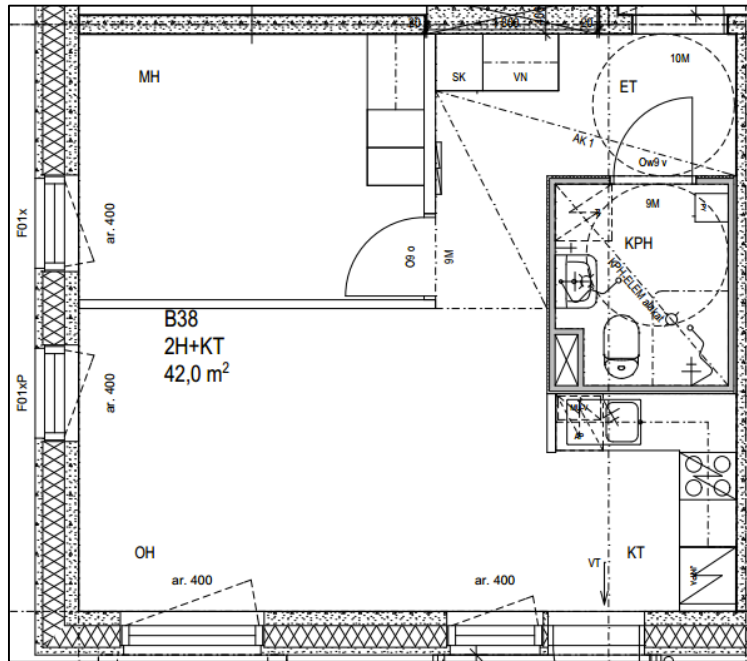
6.1 Case-kohteen esittely

Työn case-kohteena on NCC:n Semmi-konseptitalo nimeltään A-Kruunu Vihdin Tuusankaari. A-Kruunu Vihdin Tuusankaari on ensimmäinen pääkaupunkiseudulle rakennettava Semmi-konseptin mukainen talo. Kohde sijaitsee Nummelassa ja sen rakentaminen aloitettiin helmikuussa 2016. Rakennus on viisikerroksinen kaksiportainen kerrostalo. Se sisältää yhteensä 63 huoneistoa, joiden keski-pinta-ala on $45,2 \text{ m}^2$. Asuinhuoneistoalaa on yhteensä 2848 m^2 . Kuvassa 6.1. on luonnoskuva kohteesta.



Kuva 6.1. Luonnoskuva A-Kruunu Vihdin Tuusankaaresta (Optiplan 2015).

Kohteen kylpyhuoneet tehdään käyttämällä kylpyhuone-elementtejä. Lisäksi kohteessa on keskitetty ilmavaihtojärjestelmä, jonka konehuone on vesikatolle sijoitettu tehdasvalmisteinen elementti. Tilatekniikkamoduuli suunniteltiin case-kohteen avulla, jonka pohjaratkaisua ja kylpyhuone-elementtejä käytettiin luonnosmallin tekemiseen. Alla olevassa kuvassa 6.2. on esitetty huoneisto, jonka pohjalta tilatekniikkamoduulin ensimmäinen luonnos laadittiin.



Kuva 6.2. Huoneisto ja kylpyhuone-elementti, jonka pohjalta tilatekniikkamoduulin ensimmäinen luonnos luotiin (Optiplan 2016).

6.2 Tilatekniikkamoduulin sijoittaminen case-kohteeseen

Kohteeseen tilatekniikkamoduuli soveltuu taulukon 3 mukaisesti, silloin kun keittiö on moduulin lyhyemmällä sivulla. Taulukossa on esitetty porraskohtainen huoneistojen määrä ja tilatekniikkamoduulin soveltuvuus kohteeseen.

Taulukko 3. Case-kohteen huoneistojen määrä portaittain ja tilatekniikkamoduulin soveltuvuus case-kohteeseen, kun keittiö on moduulin lyhyemmällä sivulla.

Kerros	Huoneistot/porras		Huoneistot yht.	Moduuli soveltuu		Moduuli soveltuu yht.
	A	B		A	B	
1	4	3	7	2	2	4
2	6	8	14	5	7	12
3	6	8	14	5	7	12
4	6	8	14	5	7	12
5	6	8	14	5	7	12
Yhteensä	28	35	63	22	30	52

Taulukkoon viitaten case-kohteessa on yhteensä 63 huoneistoa, joista 52 huoneistoon tilatekniikkamoduuli sopii silloin, kun keittiö on lyhyemmällä sivulla. Tilatekniikkamoduulin isomman asuntotyypin versiossa keittiö suunniteltiin kylpyhuone-elementin pidemmälle sivulle. Case-kohteen kannalta tämä tarkoittaisi käytännössä moduulien kääntämistä ja asuntopohjien suunnittelua uudelleen. Mikäli Semmi-konseptitaloa ja sen asuntopohjia muutetaan tulevaisuudessa tilatekniikkamoduulien soveltuvuuden mukaan, saadaan moduuleista paras mahdollinen hyöty.

6.3 Kustannusten arviointi

Verrattuna pelkän kylpyhuone-elementin käyttöön, moduulin avulla työmaalta poistuvia tai merkittävästi työmäärältään väheneviä töitä ovat:

- keittiön kalusteasennus
- keittiön välitilan kosteussulku ja laatoitus
- keittiön rasioiden ja valaistuksen asennustyöt
- keittiön kodinkoneiden asennukset sekä hanojen ja pesualtaiden liitokset vesi- ja viemärijärjestelmään
- ilmanvaihtoon liittyvät työt
- keittiön muu varustelu
- keittiön vuodonilmaisun rakentaminen.

Tässä alaluvussa esitetyt kustannushyödyt pohjautuvat näihin työmaalta poistettaviin työvaiheisiin.

NCC haluaa varmistaa henkilöstölleen turvallisen ja terveellisen ympäristön. Kohdeyrityksessä on käytössä Safety-FIRST-kulttuuri. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jokainen palaveri ja tilaisuus aloitetaan työturvallisuusasioiden käsittelyllä. Tämän vuoksi myös tämä työn osio on aloitettu käsittelemällä moduulin avulla saavutettavaa työturvallisuuden parantumista.

6.3.1 Työturvallisuus

Tapaturmat maksavat työnantajalle paljon ja kohdeyrityksellä on tavoitteena nolla tapaturma taso. Kohdeyrityksessä asenteita pyritään muuttamaan konsernilaajuisesti kehittämällä yrityksen ja koko toimialan turvallisuuskulttuuria. Karkeasti arvioituna yksi tapaturma maksaa noin 10 000 euroa ja työkyvyttömyyteen johtavan tapaturman hinta on noin 500 000 euroa (NCC 2016).

NCC Buildingissä eniten tapaturmia aiheuttivat ajanjaksolla 11/2014-10/2015:

- materiaalit, esineet ja tuotteet
- kulkuväylät, alustat
- käsityökalut
- muut luettelemattomat aiheuttajat (NCC 2015).

Moduulilla on mahdollista parantaa työmaan työturvallisuutta. Tämä johtuu siitä, että työmaalla suoritettavia työvaiheita on siirretty tehdasolosuhteisiin ja työmaan kesto lyhenee. Tällöin työmaalla suoritettavan työn osuus vähenee ja tapaturmalle altistumisen aika on lyhyempi. Moduulin avulla aliurakoitsijoiden työmäärä etenkin keittiön osalta vähenee merkittävästi, kun ei tarvitse suorittaa töitä, jotka liittyvät kalusteasennukseen,

laatoitukseen, rasioihin ja valaistukseen, liesikupuun, lieteen, uuniin, altaaseen ja asti-
anpesukoneeseen.

Keittiön kalusteasennukseen liittyy monia työturvallisuusriskejä. Näitä ovat muun muassa, pöly, roskat, huono ergonomia, työkoneet ja melu. Seurauksena näistä voi tulla silmätapaturmia, pölylle herkistymisiä, nivelten yllärasituksia, sormien leikkautumisia, haavoja ja kuulon heikkenemistä. (Rakennustieto 2014, s. 15) Keittiön kalusteasennusta varten nostettavia materiaaleja nostetaan usein kohteissa kurottajalla parvekkeiden kautta. Tämän seurauksena parvekkeelta putoamisen estävä korokekaide irrotetaan ja tavaravastaaottajan täytyy käyttää valjaita putoamissuojaukseen. (Haiko, keskustelu 2016) Tämä on myös yksi esimerkki riskitilanteesta, joka saadaan poistettua työmaalta tämän moduulin avulla. Nostotyön aikana voidaan huomioda myös paleltumisvaara, mikäli ulkona olevat olosuhteet ovat kylmät.

Keittiön välitilan laatoituksesta voi syntyä myös vaaratilanteita muun muassa laattojen leikkauksissa ja rasian reikien tekemisessä. Lisäksi sähköurakoitsijan asennustyöt poistuvat keittiön alueella, joka lisää työturvallisuutta.

Tutkimuksessa kehitetty moduuli ei poista makuuhuoneen ja eteisen komeroitten asennusta ja jääkaappipakastimen asennusta. Nämä työvaiheet ovat kuitenkin työmäärältään varsin vähäisiä verrattuna moduulin avulla karsittaviin työvaiheisiin. Vaikka näihin työvaiheisiin liittyy riskejä työturvallisuuden osalta, saadaan moduulilla poistettua suurimpia kaluste- ja kodinkoneasennukseen liittyviä työvaiheita.

6.3.2 Rakennusaika

Kalusteasennuksen osalta karkeutettu työsaavutus on esitetty taulukossa 4. Taulukossa on esitetty työsaavutusaika sekä T3- että T4-aikana. T3-ajalla eli tehollisella ajalla tarkoitetaan tavoitteellista työmenekkiä, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. T4-aika eli kokonaisaika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. T4-aikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. (Rakennustieto 2015, s. 9)

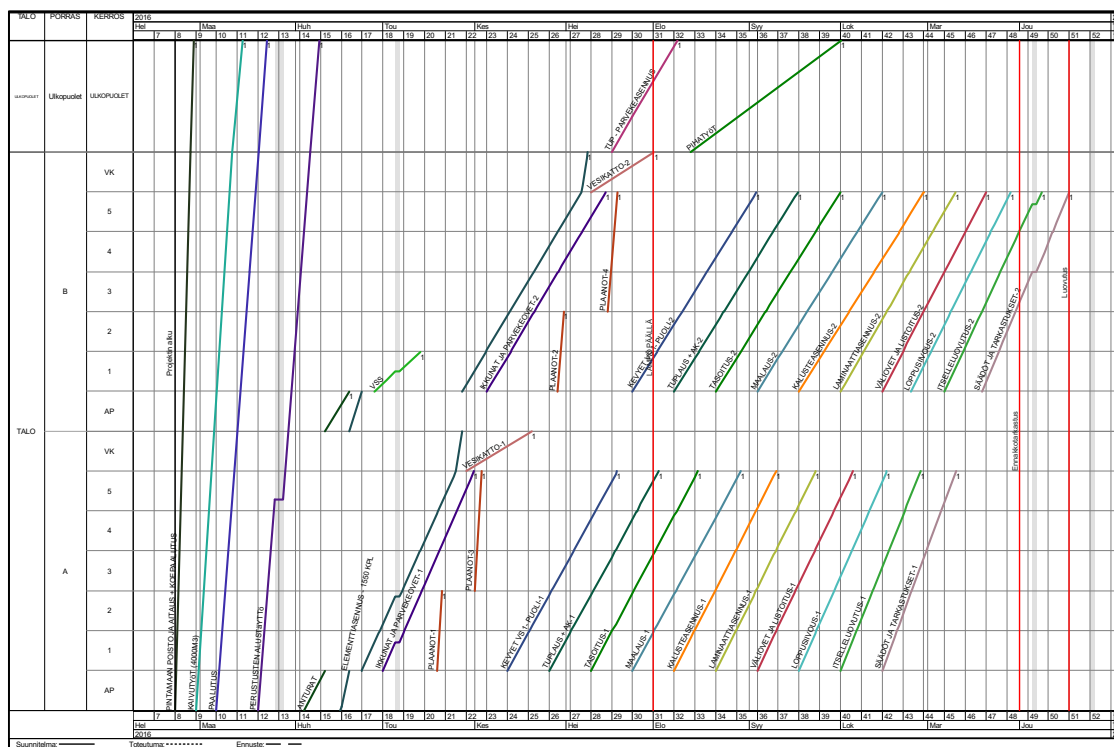
Taulukko 4. Kalusteasennuksen karkeutettu työsaavutus (muokattu lähteestä Rakennustieto 2014, s. 1).

	T3	T4
Keittiön kalusteet, keittiön koko 6,5 jm	1 asuntoa/tv	1 asuntoa/tv
1 hyllykkö ja komero	16 asuntoa/tv	13 asuntoa/tv
4 vaatekomeeroa	8 asuntoa/tv	7 asuntoa/tv

Keittiön kalusteiden asennuksen karkeutettu työsaavutus kahden työntekijän ryhmällä on yksi asunto työvuoroa kohden (Rakennustieto 2014, s. 1). Tähän työsaavutukseen on huomioitu vastaanotto, siirrot, mittaukset, suojaukset ja siirrot. Kun case-kohteessa käytetään tilatekniikkamoduulia, jää keittiön kalusteasennus pääpiirteissään kokonaan pois

niiden asuntojen osalta, mihin moduuli soveltuu. Keittiön kaappien ovet ovat moduulis-
sa jätekäteen lisättävä asia, mutta työmaalla tehtävä työmäärä keittiön osalta pysyy
alhaisena. Tämä tarkoittaa sitä, että koko kohteessa jää keittiön kalusteasennus pois par-
haimmillaan 63 asunnon osalta, jos oletetaan, että kohde on suunniteltu siten, että tila-
tekniikkamoduuli soveltuu kaikkiin asuntoihin. Kuitenkin tulee huomioida se, että ka-
lusteasennusta joudutaan suorittamaan eteisen ja makuuhuoneen komeroiden osalta.
Mikäli eteisen ja makuuhuoneen kalusteasennukseen tarvittavat materiaalit saadaan tu-
lemaan moduulin sisällä, vähennetään työmaalla suoritettavaa logistiikkaa. Kalus-
teasennus on työmaalla logistisesti iso vaihe, kun paljon kalusteita siirretään ja noste-
taan asunnoittain. Tästä seuraa myös usein kolhuja ja naarmuja valmiisiin seinäpintoi-
hin, jotka aiheuttavat lisäkuluja työmaalle.

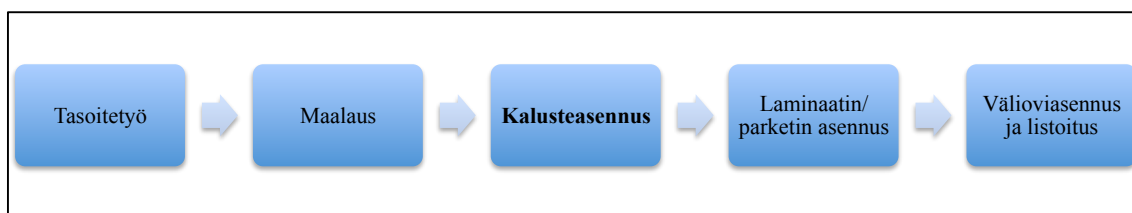
Aikataulun toteutuminen on myös varmempaa, kun yksi työvaihe poistuu työmaalta.
Rakennusajan lyhentymistä on pidetty esivalmisteisuuden ja moduulirakentamisen suu-
rimpana tuottavuuden lisääjänä. Lisäksi rakennushankkeissa voittomarginaalit ovat pie-
niä ja jokaisella säästöllä on merkitystä. Case-kohteessa hankkeen kokonaiskesto on 43
viikkoa. Karkeasti, jos yleisaikataulusta poistetaan kalusteasennus, lyhenee hankkeen
yleisaikataulu kaksi viikkoa. Eteisen ja makuuhuoneen komeroiden teko paikalla on
työsaavutukseltaan huomattavasti nopeampaa verrattuna keittiön kalusteasennukseen
(ks. taulukko 4). Tämän lisäksi jos ajatellaan, että kohdeyritys hyödyntää tätä menetel-
mää useampiin hankkeisiin, saadaan vielä lisää aikataulu- ja kustannussäästöä. Case-
kohteen yleisaikataulu on esitetty kuvassa 6.3.



Kuva 6.3. Case-kohteen yleisaikataulu.

Asiasta käytiin keskustelua kohdeyrityksen tuotantoinsinöörin kanssa. Hänen karkea arvionsa oli, että käyttämällä tilatekniikkamoduuleja, on työsaavutus kalusteasennuksen osalta karkeasti arvioiden 2/3 parempi verrattuna kokonaan työmaalla paikalla suoritettavaan kalusteasennukseen (Shiferaw 2016, keskustelu).

Kalusteasennus on siinä mielessä merkittävä työvaihe, että se tahdistaa laminaatin ja parketin asennusta. Tilatekniikkamoduuleja käyttämällä saadaan yksi tahdistava työvaihe lähes kokonaan pois. Jälkikäteen asennettavalla keittiön kuivaosalla ei ole tahdistavaa vaikutusta muihin työvaiheisiin nähden. Kalusteasennuksen liittyminen muihin työvaiheisiin on esitetty kuvassa 6.3.



Kuva 6.4. Kalusteasennuksen liittyminen muihin työvaiheisiin (muokattu lähteestä *Rakennustieto 2015, s. 269*).

Case-kohteessa laminaattiasennus on yleisaikataulun mukaan 13,5 viikkoa plaanojen valamisen jälkeen. Ennen lattiaan päällystämistä esimerkiksi laminaatilla, tulee pinnoitettavan materiaalin olla riittävän kuiva. Joissain kohteissa laminaattiasennus voi alkaa lyhyemmän ajan päästä plaanojen valamisesta, jos esimerkiksi kevyiden väliseinien rakentaminen päästään aloittamaan varhaisemmassa vaiheessa. Tällöin tulee huomioida plaanon kuivumisaika. Moduulilla mahdollisesti saavutettavaa aikatauluhyötyä voi siis joissain kohteissa vähentää plaanojen kuivumisaikat.

Kalusteasennuksen lisäksi keittiön välitilan vesieristys ja laatoitus jää moduulissa pois. Moduulien kokoonpanotehtaalla asennetaan etukäteen keittiön välitilaan levy ja suoritetaan tarvittavat sähköasennukset, kuten sähköasiat ja valaistukset.

Lisäksi kodinkoneiden asennus jää pois työmaalta muilta osin, paitsi jääkaappipakastimen osalta, koska se ei ole integroitu moduuliin. Jääkaappipakastimen voisi mahdollisesti harkita tulemaan moduulin sisällä valmiina, mikäli tämä saadaan onnistumaan moduulin valmistajan kanssa. Tällöin työmaalla ei tarvitsisi suorittaa niiden logistiikkaa erikseen. Kodinkoneiden asennukseen liittyy LVIS-urakoitsijoiden työvaiheita, jotka moduulissa voidaan suorittaa tehtaalla.

Edellä mainitut asiat huomioiden on melko selvää, että tilatekniikkamoduulin käytöllä on mahdollista vähentää rakennushankkeen kokonaiskestoa. Se, kuinka paljon aikaa todellisuudessa säästyy, riippuu siitä paljonko moduuliin saadaan integroitua asioita ja kuinka hyvin menetelmä saadaan toimimaan. Mahdollisessa pilottihankkeessa hyöty ei

tule todennäköisesti olemaan niin suuri, koska menetelmää kokeillaan ensimmäistä kertaa.

6.3.3 Laatu

Eräs suuri etu tilatekniikkamoduuleihin liittyvä laadullinen etu on se, että kokonaisvastuu tuotteesta on toimittajalla. Kohdeyrityksen haastatteluissa tuli ilmi, että kylpyhuoneelementillä on mahdollista vähentää takuu- ja vastuukorjauksiin liittyviä kustannusriskejä kokonaisvastuun vuoksi ja sama asia koskee myös tilatekniikkamoduulia.

Tähän osuuteen on eritelty laadunohjauksellisia toimenpiteitä, joita työnjohtaja suorittaa työmaalla. Kohdeyrityksessä edellytetään monia laadunohjaustoimenpiteitä eri työvaiheiden osalta, joita ovat muun muassa:

- tehtäväsuunnitelma
- työvaiheen aloituspalaveri
- mestan vastaanotto
- malliasennus ja katselmus
- tarkastukset, mittaukset ja testit
- työvaiheen osavastaanotto ja vastaanotto.

Moduulin avulla vähennetään työmaalla ohjattavia työvaiheita. Kun kyseessä on esimerkiksi kalusteasennus, suorittaa työnjohtaja kyseisen työvaiheen osalta kaikki tarvittavat laadunohjaustoimenpiteet. Jos ajatellaan, että keittiön kalusteasennus poistuu työvaiheena, vähenee myös työnjohtajan työmäärä laadunohjauksen kannalta merkittävästi. Toisaalta keittiön kaappien ovien kiinnitys joudutaan tarkastamaan tätä moduulia käytettäessä, mutta se ei ole niin merkittävässä roolissa, kuin muut kalusteasennuksen osat. Kun projekti tehdään esivalmisteisimmin ja moduuleista, on projektin hallinta usein helpompaa ja vähemmän kompleksista.

Kun keittiön kalusteita ei ole asentamassa työmaalla mahdollisesti useita eri tekijöitä, vaan keittiö on esivalmisteinen, on keittiön laatu tällöin todennäköisesti parempi ja tasalaatuisempi. Toisaalta tämä on tekijästä ja olosuhteista riippuvaista, mutta esivalmistaisuudella on mahdollisuus karsia tämä riippuvaisuus. Kun moduulin käytössä ollaan varmistuttu tehtaan tekemästä laadusta, ei ongelmia pitäisi syntyä. Tasainen laatu on tärkeää muun muassa asukastyytyväisyyden- sekä vuosi- ja takuukorjauksista tulevien kustannusten vuoksi.

Kodinkoneiden asennus jää jääkaappipakastinta lukuun ottamatta pois tämän moduulin käytön myötä, joka helpottaa työmaan projektin hallintaa. Myös kodinkoneiden asennus ja niiden asennuksen oikeellisuus vie työnjohdolta resursseja. Työnjohtaja voi joutua useita kertoja varmistamaan muun muassa kodinkoneiden oikeanlaisen kytkennän. Li-

säksi kodinkoneiden logistiikka vie aikaa ja voi aiheuttaa vaurioita valmiisiin seinäpin-toihin, mitkä jälleen tuovat työmaalle lisää työtä ja kustannuksia.

Suuri laadullinen etu tilatekniikkamoduulissa on se, että myös keittiön puolella voidaan käyttää hyväksi todettuja vakioituja ratkaisuja. Koko keittiö pystytään vakioimaan kon-septitalohankkeisiin. Tässä moduulissa on mahdollista toteuttaa esimerkiksi keittiön allaskaapin sekä astianpesukoneen vuotokaukalo ja vuodonilmaisuus vakioidulla tavalla, joka vähentää tulevaisuudessa ongelmia, joita voi liittyä näiden erilaisiin toteutustapoi-hin.

Keittiössä käytettävä muovirunko on myös hyödyllinen ratkaisu ajatellen työmaan jäl-keistä aikaa, koska runko kestää kosteutta. Täytyy muistaa kuitenkin, että muovirunko on karkeasti 20 % kalliimpi kuin lastulevyinen kalusterunko. Lisäkustannuksia tulee myös kylpyhuoneen sisältä, kun siellä hyödynnetään muovirunkoja osana kalusteita. Toisaalta kylpyhuoneen kaappien muovirungot vähentävät elinkaarikestävyyteen liitty-viä ongelmia, joita lastulevyrunkoisten kaappien kanssa voi ilmetä kosteuden kanssa.

6.3.4 Ekologisuus

Ekologisuus on kohdeyritykselle iso asia ja sitä on pyritty viime aikoina parantamaan työmaalla muun muassa tehokkaammalla jätteiden lajittelulla ja kierrätyksellä. Sekajät-teen määrä pyritään minimoimaan. Työmaan jätehuoltoa kehitetään tällä hetkellä jatku-vasti ja sitä varten kohdeyrityksessä työskentelee logistiikkainsinööri. Tällä hetkellä työmaalla jätelajittelu ohjeistetaan asuntorakentamisen kohteissa seuraaviin osiin: kipsi-, metalli-, energia-, puu-, muovi-, betoni-, tiili-, pahvi/kartoni-, seka- ja vaarallinen jäte.

Työn toisessa luvussa oli esitetty aikaisempiin tutkimuksiin pohjautuen, että teh-dasolosuhteissa valmistettaessa on paremmat olosuhteet materiaalien kierrätettävyyteen ja hyötykäyttöön kuin työmaalla. Moduulirakentamisella voidaan esivalmisteisuuden puolesta vastata tähän vaatimukseen erittäin hyvin.

Moduulin avulla saadaan karsittua ensisijaisesti keittiöön liittyviä työvaiheita. Tämän alaluvun alussa mainitut keittiötä koskevat työvaiheet aiheuttavat jokainen omalta osal-taan rakennusjätettä ja logistiikkaa työmaalle. Rakennusjäte syntyy työmaalla tekemi-sestä, esimerkiksi kalusteasennuksen osalta sirkkelin käyttämisestä asuinhuoneistossa. Logistiikka syntyy materiaalien haalaamisesta paikoilleen ja rakennusjätteen haalaami-sesta jättepisteelle. Työmaalle ei saavu myöskään niin useita materiaalitoimituksia, kun käytettävät rakennusosat omaavat suuremman esivalmistusasteen. Näin ollen pitäisi olla selvää, että työvaiheiden siirtämisellä tehdasolosuhteisiin, paranee työmaan ekologi-suus. Samanaikaisesti voidaan vähentää työmaan logistiikkaa.

6.3.5 Riskit

Kustannusten osalta moduulin käyttöön liittyy myös riskejä. Näistä keskeisimpänä voidaan nähdä viisi riskitekijää:

- 1) Menetelmä on uusi, eikä sen käyttämisestä ole kokemusta.
- 2) Moduulilla on rajoitetut toimittajat ja tämä voi vaikuttaa hankintahintaan.
- 3) Moduulin vaurioituminen työmaavaiheen aikana sääolosuhteiden vaikutuksesta, kun paljon tekniikkaa ja rakenteita on keskitetty yhteen paikkaan.
- 4) Mahdolliset tehtaalla syntyvät häiriöt tuotannossa voivat pahimmillaan pysäyttää koko työmaan, koska moduulit tahdistavat seuraavien kerroksien rakentamista.
- 5) Asennuksen onnistuminen runkovaiheessa siten, että elementit ovat oikeassa sijainnissa ja suorassa.

Ensimmäistä riskiä on mahdoton ohittaa johtuen siitä, että mikäli rakennuslalla haluaa uudistua ja pyrkiä edistyksellisyyteen, on oltava kokeilunhaluinen. Kohdeyritys on ottanut rohkean askeleen esimerkiksi kehittämiensä TUP-parvekkeiden osalta, joita käytetään nykyään laajalti NCC:n asuntorakentamisen kohteissa. Parvekkeet ovat kohdeyritykselle tavanomaisia ratkaisuja edullisempia rakentaa ja suuren volyymin kautta niiden avulla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä.

Tulevaisuudessa moduulin toimittajia voi olla mahdollista löytää lisää, mutta tässä vaiheessa toimittajat ovat hyvin rajoitetut. Ulkomailta hankittaessa moduulien laadunvarmistus on tuotekehityksen alkuvaiheessa hankalaa ja työlästä. Mahdollisesti kalliimpaan hankintahintaa voidaan vastata aiemmin tässä luvussa mainituilla välillisillä hyödyillä, joiden tarkkaa rahallista arvoa on hankala mitata luotettavasti.

Kolmanteen riskiin voidaan vastata siten, että varmistetaan suojauksen toimivuus. Tämä on tosin hankalaa ennen kuin moduuleja saadaan käyttöön pilottikohteeseen. On kuitenkin ilmeistä, että esimerkiksi kosteusvaurion sattuessa, ovat kustannukset korkeammat kuin vähemmän esivalmisteisella rakennustuotteella.

Neljänteen riskiin on vaikea vastata muuten kuin varmistamalla tehtaan tuotantovarmuus ennen päätöstä moduulien hankinnasta. Riski on kuitenkin merkittävä, koska työmaalla syntyvät odotusajat ovat kalliita työmaalle.

Viides riski johtuu siitä, että moduulit on päällekkäin ja niihin liittyy toistensa välisiä tekniikkaliitoksia esimerkiksi viemäreiden osalta. Näiden liitosten on asennusaikana osuttava päällekkäin. Moduulien asemaa on myös jälkikäteen käytännössä mahdoton korjata.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa paneuduttiin haastavaan aiheeseen liittyen tuotteen kehittämiseen. Tietävästi kehitettiin Suomen ensimmäistä kylpyhuoneen ja keittiön yhdistelmää, joka asennetaan tällä asennustekniikalla kerroksittain. Uudenlaisen tuotteen kehitystyö sisältää omalta osin useanlaisia haasteita. Tämän jälkeen tuotteen tuotantoon saaminen on toinen haaste. Kohdeyrityksen halu uudistumiseen ja tahto olla johtava toimija asuntorakentamisen markkinoilla antoivat kuitenkin hyvät edellytykset vastata näihin haasteisiin. Käydään vielä läpi tutkimukset tavoitteet.

Tutkimuksen päätavoitteena oli kehittää tilatekniikkamoduuli. Eräs lähtökohta tutkimuksen käynnistymiselle oli se, että tilatekniikkamoduulin avulla on mahdollista saavuttaa hyötyä aikataulun ja kustannusten osalta. Tutkimuksen alatavoitteet olivat:

- 1) Selvittää valmisosa- ja moduulirakentamiseen liittyviä teoreettisia lähtökohtia ja selvittää tätä kautta tilatekniikkamoduulin kehittämiseen vaadittavaa taustateoriaa.
- 2) Perehtyä kohdeyritykseen ja selvittää heidän tavoitteet tilatekniikkamoduuliin liittyen. Tässä alatavoitteessa pyritään kuvaamaan kohdeyrityksen tavoitteet myös yleisellä tasolla valmisosarakentamiseen liittyen.
- 3) Muodostaa kohdeyritykselle malli tilatekniikkamoduulista. Tätä työn osuutta varten voidaan tehdä yhteistyötä mahdollisten yhteistyössä toimivien yritysten kanssa, joita voivat olla esimerkiksi kylpyhuone-elementtien, kalusteiden ja kodinkoneiden valmistajat.
- 4) Tutkia, minkälaista kustannus- ja aikatauluhyötyä tilatekniikkamoduulin käytämisestä voidaan saavuttaa case-kohteessa, jossa muuten on käytetty kylpyhuone-elementtejä ja keittiö on tehty paikalla.

Seuraavassa alaluvussa arvioidaan sitä, miten tutkimuksessa onnistuttiin vastaamaan näihin tavoitteisiin. Tämän luvun ensimmäisessä alaluvussa käsitellään tutkimuksen tavoitteisiin pääsemistä. Toisessa alaluvussa esitetään työssä esille nousseita avoimia kysymyksiä. Tulosten hyödyntäminen ja jatkotoimenpiteet on esitetty viimeisessä alaluvussa. Tämä alaluku on erityisen tärkeä, koska siinä esitetään, kuinka tilatekniikkamoduulin osalta tulisi toimia kohdeyrityksessä tulevaisuudessa.

7.1 Tulosten arviointi

Ensimmäinen alatavoite

Ensimmäiseen alatavoitteeseen onnistuttiin vastaamaan tutkimuksen teoreettisella viitekehyksellä hyvin, kun huomioidaan aiheen laajuus ja monipuolisuus. Toisaalta juuri aiheen laajuuden vuoksi, olisi sitä voinut käsitellä useista erilaisista näkökulmista, jolloin oltaisiin voitu saada erityyppinen teoreettinen viitekehys tutkimukselle. Tutkimuksessa keskeisiksi nähdyt asiat tulivat käsiteltyä, vaikkakin osaa niistä käsiteltiin suppealla tasolla.

Valmisosa- ja moduulirakentamiseen liittyviä teoreettisia lähtökohtia lähestyttiin valmisosarakentamisen ja modulaarisuuden määrittelemisellä. Tämän jälkeen edettiin valmisosarakentamisen historialliseen kehitykseen. Tällä pyrittiin selvittämään yleistä motivaatiota valmisosarakentamiseen, eli sitä, miksi tällä tavalla on pyritty toimimaan rakennusalaan jo vuosisatojen ajan.

Lähteinä käytettiin kansainvälisiä tutkimuksia, joka muodostui selkeäksi asiaksi jo tutkimuksen alussa. Kansainvälisistä tutkimuksista löytyi paljon tietoa valmisosa- ja moduulirakentamiseen. Myös kotimaisia lähteitä käytettiin, etenkin kylpyhuone-elementtiä käsittelevässä alaluvussa. Ennen lähteiden käyttöä arvioitiin lähteen luotettavuutta.

Teoriaosuudessa esitetyt esivalmisteisuuteen liittyvät edut ja rajoitukset pätevät yhtäläisellä, puhutaan sitten joko moduulirakentamisesta, tai suurmoduulien käytöstä osana betonielementtirakentamista. On kuitenkin muistettava, että moduulirakentaminen ja betonielementtirakentaminen ovat kaksi eri asiaa ja moduulirakentamisessa rakennusosien esivalmistusaste on huomattavasti korkeampi, jolloin sillä saavutettavat edut korostuvat.

Tuotteistamista käsiteltiin myös lyhyesti liittyen valmisosarakentamiseen, joka selvensi omalta osaltaan sitä, miten pystytään vastaamaan asiakkaan toiveisiin kustannustehokkaalla tavalla. Kylpyhuone-elementtiä oli myös keskeistä käsitellä osana teoriaa, koska työssä kehitettävä moduuli pohjautuu kylpyhuone-elementtiin. Tutkimuksen teoreettisia lähtökohtia hyödynnettiin tutkimuksen aikana kehitettävään moduuliin ja tämä antoi tutkijalle arvokasta tietoa valmisosarakentamisesta. Teoriaosuudessa ei löytynyt kansainvälisestikään monia toimijoita, jotka valmistavat tilatekniikkamoduulin kaltaisia tuotteita. Muutama toimija esiteltiin luvun lopussa havainnollistamaan lukijalle sitä, mitä tutkimuksessa ollaan kehittämässä.

Toinen alatavoite

Toista alatavoitetta tutkittiin puolistrukturoitujen teemahaastatteluiden avulla. Tutkimuksen aikana haastateltiin kahdeksaa henkilöä NCC:stä, jotka toivat tutkimukseen jokainen omalta osaltaan hyödyllistä tietoa. Kohdeyrityksen tavoitteita varten haastattelut päätettiin jo ennalta työn ohjaajien kanssa pidetyssä palaverissa, joka edesauttoi haastattelujen onnistumista. Tutkimuksessa onnistuttiin saamaan selkeä käsitys siitä, mitkä ovat kohdeyrityksen tavoitteet valmisosarakentamiseen ja tilatekniikkamoduuliin liittyen. Suurimpina asioina voidaan nostaa esille haastatteluista nousseet teemat, joita olivat halu uudistua, halu siirtyä kohti teollisempaa rakentamistapaa ja tätä kautta vaki-

oitujen hyväksi todettujen ratkaisujen hyödyntäminen. Moduulin osalta kohdeyritys halusi siitä asiakkaan kohtaavan innovatiivisia ratkaisuja sisältävän tuotteen. Moduulissa ratkaisut tulisivat olla kohdeyrityksen puolesta pitkälle vakioituja ja massakustomoituja. Sekä moduulin keittiö, että kylpyhuone haluttiin miettiä lähtökohtaisesti kokonaan uudelleen.

Tutkimuksen aikana oli mahdollisuus työskennellä kohdeyrityksen tiloissa ja keskustella toimihenkilöiden kanssa tarpeen mukaan tutkimukseen liittyen. Samalla pystyttiin tapaamaan työn ohjausryhmän henkilöitä ja pitämään yllä avointa ilmapiiriä tutkimukseen liittyen, mikä ehkä omalta osaltaan osin vahvisti käsitystä kohdeyrityksen tavoitteista. Haastateltavien lukumäärää kasvattamalla olisi voinut saada parempaa tietoa koko kohdeyrityksen henkilöstön tavoitteista. Tutkimuksessa nähtiin kuitenkin oleelliseksi haastatella yrityksen johtoporrasta tavoitteisiin liittyen ja pitää tämän lisäksi täydentäviä haastatteluja. Menetelmällisesti tutkimushaastattelut olivat tämän vuoksi teemahaastattelujen lisäksi osin syvähaastattelujen muotoisia.

Kolmas alatavoite

Kolmas alatavoite oli muodostaa kohdeyritykselle malli tilatekniikkamoduulista. Tämä alatavoite onnistuttiin täyttämään yhteistyössä toimivien yritysten kanssa. Yritysten saaminen mukaan tuotekehitykseen edesauttoi tutkimuksen onnistumista luotettavalla ja toteutettavalla tavalla. Pohjana tuotteen kehitykselle oli haastattelututkimus, joka suoritettiin kohdeyrityksen tavoitteisiin liittyen. Tilatekniikkamoduulin mallin muodostamisessa tältä pohjalta onnistuttiin kohtuullisesti. Keittiössä pystyttiin hyödyntämään innovatiivisia ratkaisuja, mutta kylpyhuoneessa nämä ratkaisut jäivät vähäisiksi. Keittiön puolella uusina asioina käyttöön otettiin muun muassa kosteudenkestävä kalusterunko, yhdistelmäuuni, kosteudenkestävä keittiön taso ja levymäinen keittiön välitila. Isoin kylpyhuoneen sisällä suoritettu näkyvä muutos liittyi kalustemateriaalin muuttamisessa muoviksi, koska kylpyhuoneen sisäpuolen ratkaisut muuten vastasivat case-kohteen kylpyhuone-elementtiä. Keittiön puolelle saatiin case-kohteeseen rajautumisen vuoksi melko pieni tiskiallas. Allasta ei tulla pilottikohteessa kuitenkaan toteuttamaan tällaisena, vaan suurempi tiskiallas saadaan isompaan moduulikokoon joko kaventamalla asti-apesukonetta tai vaihtoehtoisesti kasvattamalla koko moduulin mittoja pilottikohteeseen.

Toisaalta täytyy huomioida, että juuri case-kohteeseen rajautumisen takia kylpyhuonetta ei pystytty suunnittelemaan aivan kohdeyrityksen toiveiden mukaan. Case-kohteeseen rajautuminen oli osittain välttämätöntä tuotteen kehittämisen kannalta, koska muuten olisi helposti lähdetty tavoittelemaan moduulilla niin paljoa asioita, että moduulia ei olisi saatu suunniteltua tämän tutkimuksen rajoissa ja kehitystyö olisi ollut mahdollisesti huomattavasti pidempikestoinen. Tähän seikkaan vastattiin luvussa viisi on esitetyllä visiolla moduulin mahdollisimman optimaalisesta ratkaisusta, jolla kohdeyrityksen tavoitteita moduulista on mahdollista toteuttaa myös kylpyhuoneen puolella.

Taloteknisten ratkaisujen vakiointi ei moduulissa täyty aivan sillä tasolla, mitä kohdeyritys oli ajatellut. Myös tämä asia johtuu case-kohteeseen rajautumisesta, johon moduulin talotekniset ratkaisut pohjautuvat. Moduulin suojaukseen liittyvät yksityiskohdat jäivät tutkimuksessa myös hieman avoimiksi, vaikka niihin haettiin kovasti ratkaisua työn tekemisen aikana. Keskeisenä seikkana on se, että suojaus toteutetaan sen mukaan, mitä asioita moduuliin saadaan integroitua. Lisäksi suojauksen toimivuus voidaan toteuttaa parhaiten testaamalla sitä. Osin voi olla myös mahdollista, että suojauksen haastavuus ja kosteudenhallinta on tutkimuksessa yliarvioitu. Tämä arviointi pohjautui toisaalta haastatteluihin, joissa tuli lähes aina esille moduulin suojauksen merkittävyys.

Neljäs alatavoite

Neljännessä alatavoitteessa analysoitiin tilatekniikkamoduulin käyttöön liittyvää kustannus- ja aikatauluhyötyä. Kustannuksia arvioitiin rakennusajan, laadun, työturvallisuuden, ekologisuuden ja riskien avulla. Niiden arvioinnissa pääasiassa pohdittiin moduulin avulla saatavaa hyötyä, eikä tarkkoja euromääräisiä summia nähty oleellisena esittää niiden hankalan luotettavan arvioinnin vuoksi.

Merkittävin ja selkein saavutettava etu moduulissa on keittiöön liittyvien asennustöiden poistuminen työmaalta tehtaalle. Etenkin kalusteasennuksen osuus on merkittävä, koska siihen liittyy paljon haalausta ja sillä on tahdistava vaikutus parketin ja laminaatin asennukseen. Tilatekniikkamoduulista pyydettiin alustavat kustannusarviot yhteistyössä toimivilta yrityksiltä, mutta niitä ei voida esittää tässä työssä luottamuksellisuuden vuoksi. Nämä karkeat kustannusarviot kuitenkin esitettiin kohdeyritykselle erikseen ja niiden puolesta moduulilla on potentiaalia kustannussäästöön. Täysin paikkaansa pitävää arviota moduulien käytön edullisuudesta verrattuna pelkkien kylpyhuoneelementtien käyttämiseen, on haastava antaa, koska asiaan liittyy niin useita välillisiä etuja. Selvää kuitenkin on, että moduulissa on potentiaalia olla edullisempi perinteiseen rakentamistapaan verrattuna ja esivalmisteisuuden kautta päästään kohti kohdeyrityksen tavoitetta teollisesta rakentamistavasta.

Päätavoite

Loppujen lopuksi työn päätavoite, tilatekniikkamoduulin kehittäminen, saavutettiin hyvin, kun ottaa huomioon case-kohteeseen rajautumisen. Kehitetyn moduulin avulla sen saaminen pilottikohteeseen on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi. Jokaisella työn alatavoitteella oli selkeä rooli päätavoitteen saavuttamisessa, jolloin alatavoitteiden määrittely tutkimuksessa voidaan nähdä onnistuneena. Tämän moduulin käyttö on erittäin potentiaalinen tapa päästä kohti korkeampaa esivalmistusastetta asuinkerrostalojen rakentamisessa sen takia, koska keittiöön ja kylpyhuoneeseen liittyy eniten aliurakoitsijoiden työvaiheita asunnossa.

Menetelmällisesti tutkimuksessa oli hankala löytää työhön täysin osuvaa tuotekehitysmallia, mutta Jokisen (2010) malli oli kuitenkin hyvä lähtökohta tutkimukselle. Konstruktiiviseen tutkimusotteeseen tämä tuotekehitysmalli tukeutuu myös hyvin.

7.2 Työssä ilmenneitä avoimia kysymyksiä

Työn rajauksissa esitettiin, että tutkimuksessa ei ole tarkoitus selvittää kaikkia ongelmia, joita tuotteen kehittämisessä voi syntyä. Lähtökohtaisesti oli myös selvää, että tämän laajuinen tutkimus ei pysty kattamaan kaikkia asioita, joita tuotteen kehittämiseen voi liittyä. Tähän osioon on listattu avoimeksi jääneitä kysymyksiä liittyen kehitettyyn moduuliin, jotka liittyvät lähinnä moduulin toteuttamisen yksityiskohtiin. Oleellisimpia avoimeksi jääneitä kysymyksiä ovat:

- Miten moduulin suojaus tullaan toteuttamaan käytännössä ja kuinka hyvin se toimii, mikäli moduulissa päädytään käyttämään puhallinta?
- Onko puhaltimen käyttö välttämätöntä?
- Voisiko vaihtoehtoisesti käyttää lämmittävää kosteudenpoistajaa, jolloin vedenpoisto olisi kytketty esimerkiksi viemäriin?
- Miten moduulin keittiön ja kylpyhuoneen välisen tilan levytys tehdään tehtaalla ja mikä on käytettävä materiaali? Tämä on hankalaa sen vuoksi, että tehtaalla ei voida tietää levytyksen tarkkaa korkeutta.
- Millaiset ovat vuotokaukaloiden ja vuodonilmaisuiden ratkaisumallit keittiössä, jotta vesi ei pääse kulkeutumaan parketin tai laminaatin alle?
- Mitkä ovat menetelmät siihen, että moduulin sisällä voidaan tuoda materiaaleja ilman, että kylpyhuone ja materiaalit vaurioituvat? Vaurioitumisen lisäksi riskinä on myös kosteuden tiivistyminen moduulin sisään, mikäli puhallin ei ole osa suojausta.
- Kuinka paljon moduulilla saavutettava kustannussäästö on todellisuudessa?

Näitä avoimeksi jääneitä kysymyksiä olisi voinut esittää tarkemmalla tasolla enemmänkin. Tässä lueteltiin ne asiat, joita on ainakin syytä huomioida tutkimustuloksia hyödyntäessä, esimerkiksi pilottikohteen osalta.

7.3 Tulosten hyödyntäminen ja jatkotoimenpiteet

Tulevaisuudessa tilatekniikkamoduulin potentiaalisin käyttökohde on Semmi-konseptitalohankkeissa, jonka pohjalle tämän työn moduuli on rakennettu. Toiveissa on, että moduulille saadaan työn jälkeen pilottikohde, jonka jälkeen tilatekniikkamoduulin käyttöpotentiaalia voidaan arvioida myös muissa konseptitalohankkeissa. Tutkimuksessa kehitetyn tilatekniikkamoduulin avulla kohdeyrityksessä pystytään myös jatkokehittämään tuotetta.

Mikäli tilatekniikkamoduuli saadaan tuotantoon, tulee se osaksi kohdeyrityksessä kehitteillä olevaa konseptikäsikirjaa. Konseptikäsikirjassa esitellään kohdeyrityksen konseptit ja niissä kehitettävät ratkaisut. Kohdeyritys kehittää jatkuvasti uusia konsepteja ja on hienoa, mikäli tilatekniikkamoduulia voidaan hyödyntää osassa uusista konsepteista. Ei pidä myöskään sulkea pois mahdollisuutta, että tulevaisuudessa hyödyntäminen olisi mahdollista myös muissakin sen käyttöön soveltuvissa hankkeissa konseptitalojen ulkopuolella.

Suojauksen onnistuminen on keskiössä siinä, onnistutaanko tilatekniikkamoduulin pilot-tihankkeessa. Hyvätkin ideat kaatuvat usein epäonnistuneeseen kokeiluun. Tilatekniikkamoduulin kokeilu saadaan käyntiin aikaisemmin siten, että pilottikohteessa ei integroida kodinkoneita mukaan moduulin keittiötä, vaan kodinkoneet asennetaan jälkikäteen. Suojaus katsotaan pilottikohteeseen tapauskohtaiseksi moduulin valmistajan kanssa sen mukaan, mitä asioita valmistaja saa integroitua keittiöön. Suojausta helpottaa moduulin vakioidut mitat. Vakiomitoitettuun moduuliin voisi miettiä tulevaisuudessa esimerkiksi valmiiden suojahuppujen teettämistä, joita voisi kierrättää kohteesta toiseen. Tämä voi olla tosin järkevää vasta silloin, kun moduuleja käytetään useammassa kohteissa, koska suojahuppujen valmistuskustannukset voivat muuten tulla merkittäviksi. Pilottikohteessa voitaisiin suorittaa seuranta suojauksen toimivuudesta ja moduulin sisällä vallitsevista kosteus- ja lämpöolosuhteista. Myös puhallinta voisi kokeilla pilottikohteessa huoneistoittain tai kerroksittain. Tätä kautta voisi pohtia, kestävätkö kodinkoneet kyseisen suojausmenetelmän myötä sääolosuhteita ja millaiset suojausmenetelmät soveltuvat moduuliin parhaiten.

Tulevaisuudessa suurena mahdollistajana tilatekniikkamoduulin käyttöön ottamiseen on se, että tutkimuksessa on ollut mukana kohdeyrityksestä sellaisia henkilöitä, jotka ovat kykeneväisiä asemansa puolesta päättämään moduulin käyttämisestä. Tutkimuksen jälkeen tutkijan yhteistyö kohdeyrityksen kanssa jatkuu, pyrkimyksessä saada tilatekniikkamoduulille pilottikohde.

LÄHTEET

- Aaltola, J. Valli, R. (2010). Ikkunoita tutkimusmetodeihin I: Metodin valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. WS Bookwell Oy, 261 p.
- Aaltola, J. Valli, R. (2010). Ikkunoita tutkimusmetodeihin II: Näkökulmia aloittelevalle tutkijalle teroeettisiin lähtökohtiin ja analyysimenetelmiin. WS Bookwell Oy, 312 p.
- Archdaily. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 4.1.2016):
<http://www.archdaily.com/397949/ad-classic-the-crystal-palace-joseph-paxton>
- Azhar, S., Lukkad, M., Ahmad, I. Modular v. Stick-Built Construction: Identification of Critical Decision-Making Factors. ASC Annual International Conference Proceedings, Vol 48, 8p.
- Bathsystem. (2015)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 14.3.2016):
<http://www.bathsystem.com/english/arredobagno/vantaggi.htm>
- Blismas, N., Pasquire C., Gibb, A. (2006). Benefit evaluation for off-site production in construction. Construction Management and Economics, Vol. 24, pp. 121-130.
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2010)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 8.1.2016):
http://www.elykeskus.fi/documents/10191/139801/erikoiskuljetukset_esite_2010_erikoi%20kuljetusluvan_tarve_hakeminen_ja_kaytannon_toimenpiteet.pdf/cbcf0229-5b1f-4e7e-8d9b-9bad0a271b51
- Eurocomponents. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.1.2016): <http://www.euro-components.com/prefabricated-pods/bathroom-kitchen-hybrid.html>
- Gershenson, J., Prasad, G., Zhang, Y. (2003). Product modularity: definitions and benefits. J. Eng. Design, Vol. 14(3), pp. 295-313.
- Gibb, A. (1999). Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation. John Wiley & Sons, Inc., 253 p.
- Gibb, A. (2001). Standardization and pre-assembly-distinguishing myth from reality using case study research. Construction Management and Economics, Vol. 19, pp. 307-315.
- Gibb, A., Isack, F. (2003). Re-engineering through pre-assembly: client expectations and drivers, Building Research and Information, Vol. 31(2), pp. 146-160.
- Goodier, C., Gibb, A. (2007). Future opportunities for offsite in the UK. Construction Management and Economics, Vol. 25(6), pp. 585-595.

Goodier, C., Pan, W. (2010). The future of UK housebuilding. RICS research report, 58p.

Hilton Palacio Del Rio. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 8.2.2016):
<http://www.palaciodelrio.com/index.php/about/history>

Hirsjärvi, S. Hurme, H. (2000). Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino, 213 p.

Hirsjärvi, S. Remes, P. Sajavaara, P. (1997). Tutki ja Kirjoita. Kustannusosakeyhtiö Tammi, 436 p.

Hytönen, A. Seppänen, M. (2009). Tehdään Elementeistä. Betonitieto Oy, 332 p.

Jokinen, T. (2010). Tuotekehitys. Aalto-yliopisto: Teknillinen Korkeakoulu, 201 p.,
<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Junnonen, J. (2012). Korjausrakentamisen teolliset ratkaisut. Rakentajain kalenteri 2012, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry.

Knaack, U. Chung-Klatte, S. Hasselbach, R. (2012). Prefabricated Systems: Principles of Construction. German National Library, 134 p.

Lawson, R., Ogden, R., Goodier, C. (2014). Design in Modular Construction. CRC Press. Taylor & Francis Group, 258 p.

Lawson, R., Ogden, R. (2009). Sustainability and Process Benefits of Modular Construction. CIOB Conference, pp. 38-51.

Manubuild. (2009). Open Building Manufacturing: Key Technologies, Applications and Industrial Cases. Manubuild, 152 p.

Marquit, A., LiMandri, R. (2013). From Sears & Roebuck to Skyscrapers: A History of Prefabricated and Modular Housing, 16 p.

McGraw-Hill Construction. (2011). Prefabrication and modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry, 56 p.

Metodix. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 11.2.2016):
<https://metodix.wordpress.com/2014/05/19/lukka-konstruktiiivinen-tutkimusote/>

Miller, D. Elgård, P. (1998). Defining Modules, Modularity and Modularization: Evolution of the concept in a Historical Perspective. Design for Integration in Manufacturing, 19 p.

NCC. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (Viitattu 12.1.2016): <http://www.ncc.fi/tietoa-nccsta/>

NCC., esite. Saatavissa (viitattu 2.3.2016):
<http://www.fyrisstrand.se/files/B0005049.pdf>

Neapo Oy. (2015)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.1.2016):
<http://www.neapo.com/fi/www/popupcard.php?id=29>

Neapo Oy. (2015)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.2.2016):
<http://www.neapo.com/fi/www/popupcard.php?id=5>

Neuvonen, P. (2006). Kerrostalot 1880–2000. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustekniikakeskus- säätiö ja Museovirasto, 288 p.

Pan, W., Gbb, A., Dainty, A. (2008). Leading UK housebuilders' utilisation of offsite modern methods of construction. Building Research & Information, Vol. 36(1), pp. 56-67.

Pan, W., Goodier, C. (2012). House-Building Business Models and Off-Site Construction Take-Up, Journal of architectural engineering, Vol. 18(2), pp. 84-93.

Shepherd, J. (1966). Service core units and prefabricated bathrooms in industrialized building, Plastics in Building Structures: Proceedings of a Conference Held in London, 319 p.

Puuinfo. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 9.2.2016):
<http://www.puuinfo.fi/tuote/stora-enson-tilaelementtirakentaminen>

Päätoimija. (2015)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 17.12.2015):
<http://www.paatoimija.fi/index.php?/site/historia>

Rakennuskartio. (2013). Asunto Oy Vantaan Merkki, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.12.2015): http://www.uudiskohde.fi/wp-content/themes/uudiskohde/images/Asuntoesite_Vantaan_Merkki.pdf

Rakennustieto. (2004). RT 82-10821 Betonielementtirunkorakenteet. Rakennustietosäätiö RTS, 20 p.

Rakennustieto. (2012). Ratu 0395 Tilaelementtityö. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 15 p.

Rakennustieto. (2013). RT 38436 Parma Kylpyhuoneet Parmarine Oy. Rakennustietosäätiö RTS, 8 p.

Rakennustieto. (2014). Ratu 0421 Kiintokalustaminen, kalusteasennus. Talonrakennusteollisuus ja Rakennustietosäätiö RTS, 18 p.

Rakennustieto. (2015). Aikataulukirja 2016. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 392 p.

Sipilä, J. (1996). Asiantuntijapalveluiden tuotteistaminen. WSOY:n graafiset laitokset, 151 p.

Smith, R. (2010). Prefab Architecture: a guide to modular design and construction. John Wiley & Sons, Inc., 403 p.

Stora Enso. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 9.2.2016):
<http://buildingandliving.storaenso.com/products-and-services/modular-construction>

Stora Enso. (2016)., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 9.2.2016):
http://assets.storaenso.com/se/buildingandliving/ProductServicesDocuments/BoKlok_faactsheet_EN_09-2013_light.pdf

Teriö, O. (2002). Betonirakentamisen esivalmistusasteen nosto. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, 53 p.

Thuesen, C., Claeson, C. (2009). The Long Tail and Innovation of New Construction Practices-Learning Points from Two Case Studies. Open Building Manufacturing: Key Technologies, Applications, and Industrial Cases. Manubuild, pp. 51-64.

Tiihonen, J., Soininen, T. (1997). Product Configurators-Information Systems Support for Configurable Products. Helsinki University of Technology, 22 p.

Ulrich, K. (1994). Fundamentals of Product Modularity. Management of Design: Engineering and Management Perspectives, pp. 219-231.

Virtanen, A. (2006). Konstruktiivinen tutkimusote: Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä. Ammattikasvatuksen aikakauskirja. OKKA-säätiö, Vol. 8(1), pp. 46-52.

LIITE 1: KOHDEYRITYKSEN TAVOITTEET - HAASTATTELULOMAKE

Yksikön yleiset tavoitteet:

- KOHDEYRITYKSEN NYKYTILA
 - Missä näet yksikkösi vahvuudet?
 - Missä näet yksikkösi heikkouksia?
 - Missä näet yrityksen mahdollisuudet?
 - Mitkä ovat uhkia yritykselle?
- VAKIOINTI
 - Mitä tuotteita tai ratkaisuja pyritte vakioimaan?
 - Kuinka tärkeänä pidätte tuotteiden vakioimista rakentamisessa?
 - Miten suoritatte tuotteiden vakiointia ja tuotekehitystä?
 - Onko yksiköllänne tulevaisuuden suunnitelmia liittyen tuotteiden tai asioiden vakiointiin?
 - Onko mielestäsi tuotteiden vakiointi rakennusosalalla kasvussa?
- MODULAARISUUS
 - Mitä olette mieltä modulaarisesta rakentamistavasta?
 - Olisitteko valmiita tekemään mahdollisesti jopa kokonaan modulaarisia kerrostaloja tulevaisuudessa?
 - Tulisiko yhä pidemmälle esivalmistettuja rakennusosia käyttää enemmän yrityksenne rakentamisessa?

Yksikön tavoitteet liittyen tilatekniikkamoduuliin

- KYLPYHUONE-ELEMENTTI
 - Osaatko sanoa, kuinka paljon kylpyhuone-elementtejä käytetään suhteessa perinteisiin kylpyhuoneisiin?
 - Kuinka kauan yksikkönne on käyttänyt kylpyhuone-elementtejä?
 - Mistä johtuen kylpyhuone-elementtejä käytetään?
 - Kuka päättää, milloin kylpyhuone-elementtejä käytetään?
 - Onko kylpyhuone-elementtien käyttö ollut usein edullisempaa, kuin perinteinen kylpyhuoneiden rakentaminen?
 - Millaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat parhaiten?
 - Minkälaisissa kohteissa niitä on käytetty tähän asti?
 - Mitkä ovat kylpyhuone-elementtien suurimmat haitat/rajoitukset?
- TILATEKNIKKAMODUULI: OSA 1 YLEISET
 - Koetko, että tilatekniikkamoduulien käyttö voisi olla kannattavaa?
 - Minkälaisiin kohteisiin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestänne parhaiten? (vuokra, oma asuntotuotanto, jne..)
 - Minkä kokoisiin asuntoihin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestäsi parhaiten?
 - Minkälaisia haasteita näet tilatekniikkamoduulissa?

- Uskotko, että tämän kaltaisen tuotteen lanseeraus ”ensimmäisenä” suomessa markkinoille, voisi tuoda yritykselle kilpailuetua?
- Tiedätkö suomessa muita toimijoita, jotka tekisivät vastaavanlaista?
- Voisiko tilatekniikkamoduuleissa olla niin sanottu tuoteperhe, josta tilaajat voisivat valita haluamansa ominaisuudet?
- Koetko, että asukkaan olisi hyvä pystyä vaikuttamaan tilatekniikkamoduulin ominaisuuksiin/valintoihin?
- **TILATEKNIKKAMODUULI: OSA 2 OMINAISUUDET**
 - Kylpyhuone
 - Millaisia ominaisuuksia moduulin tulisi mielestäsi sisältää kylpyhuoneen sisältä?
 - Esimerkiksi seinä-wc vai lattialla oleva wc?
 - Keittiö
 - Millaisia ominaisuuksia keittiöllä tulisi olla?
 - Kalusteiden materiaalit?
 - Minimalistisuus?
 - Voisiko käyttää jotain muuta kuin välitilalaatoitusta?
 - Kodinkoneet valmiiksi elementissä?
 - Eteisen kaapisto
 - Millaisia ominaisuuksia moduulin tulisi mielestäsi sisältää eteisen kaapiston osalta?
 - Tulisiko moduulin sisältää tämä?
 - Suojaus rakennusaikana
 - Tuleeko mieleen asioita, joita voisi hyödyntää tilatekniikkamoduulin suojaukseen?
 - Voisiko käytössä olla mielestäsi esimerkiksi puhallin jokaisen elementin osana?
- **TILATEKNIKKAMODUULI: OSA 3 HANKINTA**
 - Osaatko sanoa, mistä tällaisia tuotteita voisi hankkia?
 - Osaatko arvioida sopivaa yhteistyökumppania?
 - Voisiko tällaisten tuotteiden hankinta olla järkevämpää ulkomailta kuin suomesta?
- **MITÄ MUUTA TULI MIELEEN?**
- **OLIVATKO KYSYMYKSET OLEELLISIA?**
- **MITÄ MUUTA OLISI VOINUT KYSYÄ?**

LIITE 2: KOHDEYRITYKSEN HANKINTA - HAASTATTELULOMAKE

- KYLPYHUONE-ELEMENTTI
 - Osaatko arvioida, kuinka paljon kylpyhuone-elementtejä käytetään suhteessa perinteisiin kylpyhuoneisiin?
 - Onko mielestäsi rakennusosalalla tuotteiden vakiointi kasvussa?
 - Osaatko sanoa, kuinka kauan yksikkönne on käyttänyt kylpyhuone-elementtejä?
 - Mistä johtuen kylpyhuone-elementtejä käytetään perinteisten kylpyhuoneiden teon sijasta?
 - Onko kylpyhuone-elementtien käyttö ollut usein edullisempaa, kuin perinteinen kylpyhuoneiden rakentaminen?
 - Osaatko sanoa, kuka on usein päättänyt, milloin kylpyhuone-elementtejä käytetään?
 - Millaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat parhaiten?
 - Minkälaisissa kohteissa niitä on käytetty tähän asti?
 - Mitkä ovat kylpyhuone-elementtien suurimmat edut?
 - Mitkä ovat kylpyhuone-elementtien suurimmat haitat/rajoitukset?
 - Mitä ongelmia kylpyhuone-elementtien käytöstä on aiheutunut?
 - Minkälaisia kehitysehdotuksia olet saanut kylpyhuone-elementteihin liittyen?
 - Ovatko mitkään näistä ehdotuksista toteutuneet?
 - Jos on niin miten? Jos ei, niin miksi ei?
 - Mitä kehitettävää kylpyhuone-elementeissä sinun mielestäsi on?
 - Uskotko, että kylpyhuone-elementtien käyttö yleistyy jatkossa rakentamisen menetelmänä?
- KYLPYHUONE-ELEMENTTIEN HANKINTA
 - Mistä hankitte kylpyhuone-elementit?
 - Mitkä ovat Suomessa eniten käytetyt kylpyhuone-elementtitoimittajat?
 - Mitkä ovat ulkomailla tunnettuja kylpyhuone-elementtitoimittajia ja missä maissa ne sijaitsevat?
 - Onko ulkomailta hankittuna kylpyhuone-elementit olleet halvempia tai kalliimpia verrattuna kotimaisiin toimittajiin?
 - Onko teillä ollut haasteita ulkomaisten hankintojen kanssa?
 - Esimerkiksi ajatellen suomalaisia rakennusmääräyksiä?
 - Tuleeko muuta mieleen liittyen kylpyhuone-elementtien hankintaan?
- TILATEKNIKKAMODUULI
 - Koetko, että tilatekniikkamoduulien käyttö voisi olla kannattavaa?
 - Minkälaisiin kohteisiin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestänne parhaiten? (vuokra, oma asuntotuotanto jne..)
 - Minkä kokoiisiin asuntoihin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestäsi parhaiten?
 - Minkälaisia haasteita näet tilatekniikkamoduulissa?

- Uskotko, että tämän kaltaisen tuotteen lanseeraus ”ensimmäisenä” suomessa markkinoille, voisi tuoda yritykselle kilpailuetua vallitsevassa kilpailutilanteessa?
- Tiedätkö suomessa muita toimijoita, jotka tekisivät vastaavanlaista?
- Voisiko tilatekniikkamoduuleissa olla olemassa ns. tuoteperhe, josta tilaajat voisivat valita haluamansa ominaisuudet?
- TILATEKNIKKAMODUULIEN HANKINTA
 - Osaatko sanoa, mistä tällaisia tuotteita voisi hankkia?
 - Tiedätkö, että ulkomailla käytettäisiin tällaisia tuotteita jo?
 - Kuka voisi olla yritykselle mahdollinen yhteistyökumppani?
 - Voisiko tällaisten tuotteiden hankinta olla järkevämpää ulkomailta kuin suomesta?
 - Mitä rajoitteita on kansainvälisessä hankinnassa?
- TILATEKNIKKAMODUULIN OMINAISUUDET
 - Kylpyhuone
 - Millaisia ominaisuuksia elementin tulisi mielestäsi sisältää kylpyhuoneen sisältä?
 - Esimerkiksi seinä-wc vai lattialla oleva wc, onko hintaeroa yleensä?
 - Osaatko sanoa jotain erityisratkaisua kylpyhuoneen kalusteista, joka voisi sopia erityisen hyvin tähän tilatekniikkamoduuliin?
 - Keittiö
 - Tuleeko mieleen, mitä materiaalia kalusteet voisivat olla, jotta ne kestäisivät mahdollisimman hyvin rakentamisen runkovaiheen?
 - Minimalistisuuteen liittyvät asiat, voisiko olla kuten uunin ja mikron yhdistelmä?
 - Voisiko käyttää jotain muuta kuin välitilalaatoitusta?
 - Eteisen kaapisto
 - Tulisiko elementin sisältää mielestäsi eteisen kaapisto?
 - Suojaus rakennusaikana
 - Tuleeko mieleen asioita, joita voisi hyödyntää tilatekniikkamoduulin suojaukseen?
 - Voisiko käytössä olla mielestäsi esimerkiksi puhallin joidenkin elementin osana?
 - Tiedätkö, onko olemassa jotain erikoissuojausratkaisuja vastaavanlaisissa tuotteissa?
- MITÄ MUUTA TULI MIELEEN?
- OLIVATKO KYSYMYKSET OLEELLISIA?
- MITÄ MUUTA OLISI VOINUT KYSYÄ?

LIITE 3: KOHDEYRITYKSEN TALOTEKNIKKAPÄÄLLIKÖ – HAASTATTELULOMAKE

- VAKIOINTI
 - Pyrittekö vakioimaan taloteknisiä ratkaisuja kohteissanne?
 - Kuinka tärkeänä pidätte niiden vakioimista rakentamisessa?
 - Miten suoritatte näiden ratkaisujen vakiointia?
 - Tulisiko yhä pidemmälle esivalmistettuja rakennusosia käyttää enemmän yrityksenne rakentamisessa?
 - Onko mielestäsi hyvä asia, että talotekniikan osalta rakentamista siirretään työmaalta tehtäisiin?
 - Esimerkiksi kylpyhuone-elementtien osalta
- KYLPYHUONE-ELEMENTTI
 - Osaatko sanoa, kuinka paljon kylpyhuone-elementtejä käytetään suhteessa perinteisiin kylpyhuoneisiin?
 - Mistä johtuen kylpyhuone-elementtejä käytetään?
 - Onko kylpyhuone-elementtien käyttö ollut usein edullisempaa, kuin perinteinen kylpyhuoneiden rakentaminen?
 - Millaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat parhaiten?
 - Minkälaisissa kohteissa niitä on käytetty tähän asti?
 - Mitkä ovat kylpyhuone-elementtien suurimmat haitat/rajoitukset?
- TILATEKNIKKAMODUULI; OSA 1 YLEISET
 - Koetko, että tilatekniikkamoduulien käyttö voisi olla kannattavaa?
 - Minkälaisiin kohteisiin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestänne parhaiten? (vuokra, oma asuntotuotanto, jne..)
 - Minkä kokoisiin asuntoihin tilatekniikkamoduuli soveltuisi mielestäsi parhaiten?
 - Minkälaisia haasteita näet tilatekniikkamoduulissa?
 - Uskotko, että tämän kaltaisen tuotteen lanseeraus markkinoille, voisi tuoda yritykselle kilpailuetua?
 - Tiedätkö Suomessa muita toimijoita, jotka tekisivät vastaavanlaista?
 - Voisiko tilatekniikkamoduuleissa olla ns. tuoteperhe, josta tilaajat voisivat valita haluamansa ominaisuudet?
 - Koetko, että asukkaan olisi hyvä pystyä vaikuttamaan kylpyhuone-elementin ominaisuuksiin/valintoihin?
- TILATEKNIKKAMODUULI; OSA 2 OMINAISUUDET
 - Talotekniikka:
 - Ilmanvaihtojärjestelmä:
 - kumpi on mielestäsi parempi: keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä vai hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä
 - Minkälainen vaikutus on Rakentamismääräyskokoelmalla 2017?
 - Tekniikkahormi ja sen sijainnin merkitys?
 - Vesijohdot hormissa?
 - Mikä on vaihdettavuuden merkitys?
 - Kylpyhuone

- Millaisia ominaisuuksia moduulin tulisi mielestäsi sisältää kylpyhuoneen sisältä?
 - Esimerkiksi seinä-wc vai lattialla oleva wc?
- Keittiö
 - Millaisia ominaisuuksia keittiöllä tulisi olla?
 - Kalusteiden materiaalit?
 - Kodinkoneet valmiiksi elementissä?
- Suojaus rakennusaikana
 - Tuleeko mieleen asioita, joita voisi hyödyntää tilatekniikkamoduulin suojaukseen?
 - Voisiko käytössä olla mielestäsi esimerkiksi puhallin jokaisen elementin osana?
- TILATEKNIKKAMODUULI; OSA 3 HANKINTA
 - Osaatko sanoa, mistä tällaisia tuotteita voisi hankkia?
 - Osaatko arvioida sopivaa yhteistyökumppania?
 - Voisiko tällaisten tuotteiden hankinta olla järkevämpää ulkomailta kuin suomesta?
- MITÄ MUUTA TULI MIELEEN?
- OLIVATKO KYSYMYKSET OLEELLISIA?
- MITÄ MUUTA OLISI VOINUT KYSYÄ?

LIITE 4: PARMARINE OY MYYNTIJOHTAJA - HAASTATTELU-LOMAKE

- KYLPYHUONE-ELEMENTTI-YLEISTÄ
 - Millaisiin kohteisiin kylpyhuone-elementit soveltuvat mielestäsi parhaiten?
 - Onko kylpyhuone-elementtien käyttäminen rakentamisessa lisääntymässä?
 - Näkyykö tai onko tämä näkynyt teillä tilauksien määrässä?
- TILATEKNIKKAMODUULI-YLEINEN OSUUS
 - Onko sinulle tullut aikaisemmin kyselyitä, voisitteko valmistaa vastaavanlaisia elementtejä, jotka sisältävät keittiön tai jotain muuta toiminnallisuutta?
 - Koetko, että tilatekniikkamoduulien käyttö voisi olla kannattavaa?
 - Minkälaisia haasteita näet tilatekniikkamoduulissa?
 - Tiedätkö Suomessa muita toimijoita, jotka tekisivät vastaavanlaista?
 - Minkälaisia rajoitteita on tilatekniikkamoduulissa, kun katsoo mallipohjaratkaisua?
 - Millaiset layoutit ovat mahdollisia toteuttaa ja miksi näin?
- TILATEKNIKKAMODUULIN OMINAISUUDET
 - Tekniikka
 - Tekniikkahormin sijainti?
 - Pohjalaatta mahdollisesti keittiön kalusteiden alle?
 - Muuta tekniikkaan liittyvää asiaa jota tulisi huomioida kun keittiö integroidaan osaksi elementtiä?
 - Kylpyhuone
 - Mitä mieltä olet seinä-wc:stä?
 - Keittiö
 - Millaisia ominaisuuksia keittiöllä tulisi olla?
 - Lähtökohtaisesti joku muu kuin välitilalaatoitus keittiön välitilassa?
 - Eteisen kaapisto
 - Uskotko, että eteisen kaapiston lisääminen voisi olla mahdollista kylpyhuone-elementtiin?
 - Suojaus rakennusaikana
 - Mitä suojausmenetelmää käytätte nykyisissä kylpyhuone-elementeissänne?
 - Tuleeko mieleen asioita, joita voisi hyödyntää tilatekniikkamoduulin suojaukseen?
 - Voisiko käytössä olla mielestäsi esimerkiksi puhallin jokaisen elementin osana?
- MITÄ MUUTA TULI MIELEEN?
- OLIVATKO KYSYMYKSET OLEELLISIA?
- MITÄ MUUTA OLISI VOINUT KYSYÄ?

LIITE 5: DIPLOMITYÖTÄ VARTEN PIDETYT TAPAAMISET, HAASTATTELUT JA VIERAILUT

18.9.2015 Ensimmäinen palaveri työpäällikkö Mikko Mäkelän kanssa aiheeseen liittyen. Tällöin työpäällikkö esitteli idean kylpyhuone-elementin ja keittiön yhdistämisestä.

28.9.2015 Työpäällikkö Mikko Mäkelän kanssa alustavan tutkimussuunnitelman tarkistus.

1.10.2015 Onko tutkimuksen tekeminen aiheesta järkevää ja mahdollista NCC:lle. Mukana jälkimarkkinointipäällikkö Pirkka Pikkarainen, suunnittelujohtaja Petteri Karling ja työpäällikkö Mikko Mäkelä.

5.10.2015 Ensimmäinen vierailu ja kenttähavainnointi Parmarine Oy:n kylpyhuone-elementtitehtaalla.

23.10.2015 Työn sisällön ja lähtökohtien kartoittaminen NCC:n pääkonttorilla. Mukana talotekniikkapäällikkö Hannu Järvelä, työpäällikkö Mikko Mäkelä ja projektipäällikkö Matti Koivunoro.

12.11.2015 Aloituspalaveri Tampereen teknillisellä yliopistolla. Mukana professori Kalle Kähkönen, työpäällikkö Mikko Mäkelä ja projektipäällikkö Matti Koivunoro.

27.11.2015 Vierailu Sato StudioKotiin projektipäällikkö Matti Koivunoron kanssa.

30.11.2015 Ensimmäisten luonnossuunnitelmien laatiminen tilatekniikkamoduulista yhdessä työpäällikkö Mikko Mäkelän kanssa.

8.12.2015 Seniorihankkija Kari Koivun haastattelu.

9.12.2015 Projektipäällikkö Matti Koivunoron haastattelu.

14.12.2015 Suunnittelujohtaja Petteri Karlingin haastattelu.

15.12.2015 Kehitysinsinööri Jani Germanon haastattelu.

16.12. 2015 Toinen vierailu ja kenttähavainnointi Parmarine Oy:n tehtaalla.

17.12.2015 Hankekehitysjohtaja Ilkka Alvoitun haastattelu.

11.1.2016 Kolmas vierailu ja kenttähavainnointi Parmarine Oy:n tehtaalla.

14.1.2016 Neljäs vierailu ja kenttähavainnointi Parmarine Oy:n tehtaalla. Tämän lisäksi myyntijohtaja Jukka Palmasen haastattelu. Tällöin varmistui, että Parmarine Oy on kiinnostunut kehittämään aihetta kohdeyrityksen kanssa.

19.1.2016 Toimialajohtaja Jari Lehtisen haastattelu.

26.1.2016 Laatu- ja ympäristöpäällikkö Jari Valon haastattelu.

27.1.2016 Työmaavierailu Uomarinne 5. Tällöin suoritettiin kylpyhuone-elementtien asennuksen kenttähavainnointia.

28.1.2016 Temal Oy:lle kerrottiin hankkeesta ja he kiinnostuivat aiheen kehittämisestä.

3.2.2016 Diplomityön seuranta- ja ohjauspalaveri. Mukana työpäällikkö Mikko Mäkelä, projektipäällikkö Matti Koivunoro ja suunnittelujohtaja Petteri Karling.

8.2.2016 Talotekniikkapäällikkö Hannu Järvelän haastattelu.

10.2.2016 Työn seuranta- ja ohjauspalaveri professori Kalle Kähkösen kanssa TTY:llä.

15.2.2016 Temal Oy yritysvierailu. Tässä vaiheessa saatiin Temal Oy mukaan hankkeeseen ja he kertoivat tekevänsä tilatekniikkamoduulin keittiötä varten kaksi luonnospii-rustusta.

15.2.2016 Työmaavierailu Järvenpään Kotisiiloon ja Järvenpään Myllyyn. Tällöin suoritettiin kenttähavainnointia siitä, miten kylpyhuone-elementtejä oli asennettu ja suojat-tu.

3.3.2016 Timo Salo Electrolux, puhelinkeskustelu.

3.3.2016 Logistiikkainsinööri Alexander Stefanov, keskustelu.

4.3.2016 Tuotantoinsinööri Mekonnen Shiferaw, keskustelu.

7.3.2016 Työturvallisuuspäällikkö Timo Haiko, keskustelu.

8.3.2016 Temal Oy:n keittiösuunnittelija puhelinkeskustelu. Parmarine Oy myyntijohta-ja Jukka Palmanen puhelinkeskustelu.

10.3.2016 Timo Haapaviita laatupäällikkö Parmarine, puhelinkeskustelu.

16.3.2016 Aarre Mäntyvaara suunnittelija Parmarine, puhelinkeskustelu.

24.3.2016 Viides vierailu Parmarine Oy tehtaalle liittyen moduulien lopullisiin suunnit-temiin.

4.4.2016 Diplomityön tulosten esittely kohdeyrityksen ohjausryhmälle.